



**SKOGSMÄSTARPROGRAMMET**  
Examensarbete 2016:13

## **Logistiskstudie av ett flissystem med 74 tons flisekipage**

*Study of the logistics for a communication system with a  
74-ton chip truck*



**Kristoffer Spånberg**

---

Examensarbete i skogshushållning, 15 hp  
Serienamn: Examensarbete /SLU, Skogsmästarprogrammet 2016:13  
SLU-Skogsmästarskolan  
Box 43  
739 21 SKINNSKATTEBERG  
Tel: 0222-349 50

## **Logistiskstudie av ett flissystem med 74 tons flisekipage**

Study of the logistics for a communication system with a 74-ton chip truck

*Kristoffer Spånberg*

**Handledare:** Börje Börjesson, SLU Skogsmästarskolan

**Examinator:** Eric Sundstedt, SLU Skogsmästarskolan

**Omfattning:** 15 hp

**Nivå och fördjupning:** Självständigt arbete (examensarbete) med nivå och fördjupning G2E med möjlighet att erhålla kandidat- och yrkesexamen

**Kurstitel:** Kandidatarbete i Skogshushållning

**Kurskod:** EX0624

**Program/utbildning:** Skogsmästarprogrammet

**Utgivningsort:** Skinnskatteberg

**Utgivningsår:** 2016

**Elektronisk publicering:** <http://stud.epsilon.slu.se>

**Serienamn:** Examensarbete /SLU, Skogsmästarprogrammet

**Serienummer:** 2016:13

**Omslagsbild:** Lastning av 74 tons flisbil med 74 tons huggbil, foto Kristoffer Spånberg

**Nyckelord:** logistik, skogsbränsle, transport



Sveriges lantbruksuniversitet  
Skogsvetenskapliga fakulteten  
Skogsmästarskolan

## FÖRORD

Examensarbetet är utfört genom uppdrag från Skogforsk. Examensarbetet omfattar 15 högskolepoäng och utgör den sista delen av skogsmästarprogrammet på Skogsmästarskolan Skinnskatteberg. Detta skrivs som C-uppsats inom ämnet skogshushållning, närmare bestämt avseende samspelet mellan två ekipage på vardera 74 ton inom området biobränslehantering.

Betydande personer i arbetets tillvägagång har varit flera. Henrik von Hofsten och Johanna Enström (bollplank) på Skogforsk har varit väldigt drivande och engagerade. Börje Börjesson på Skogsmästarskolan har varit min handledare i mitt examensarbete. Tycker även min familj och nära borde kategoriseras in här då de stöttat och bidragit med idéer. Sist men inte minst måste nämnas AJ Logistic AB som varit väl tillmötesgående och bidragit till att hela tillvaron var trevlig.

Examensarbetet har krävt en hel del engagemang både från mig samt alla inblandade så som handledare och bollplank på Skogforsk. Det har antecknats flitigt och idéer noterats, allt för att få ett så bra resultat som möjligt. Kalkyleringar har ändrats till det bättre allt eftersom idéerna flödat.

Skinnskatteberg, 2016-05-18

*Kristoffer Spånberg*



# INNEHÅLL

Förord.....	iii
Innehåll.....	v
1. ABSTRACT .....	1
2. INLEDNING .....	3
2.1 GROT- en förnyelsebar resurs .....	3
2.2 Tillvägagångssätt vid GROT-hantering.....	5
2.3 Logistik vid vidaretransport .....	6
2.4 Kostnader och intäkter för flis i dagsläget .....	8
2.5 Ingående företag i studien .....	11
2.5.1 Skogforsk .....	11
2.5.2 Aj Logistic AB .....	11
2.6 Studiens syfte .....	11
3. MATERIAL OCH METODER .....	13
3.1 Upplägg .....	13
3.2 Material .....	13
3.3 Maskiner.....	13
3.4 Allmänt .....	14
3.5 Arbetsmoment, definitioner .....	14
4. RESULTAT .....	19
4.1 Indelning av arbetsmoment.....	19
4.2 Prestationer.....	25
4.3 Kostnadsberäkning och kalkylering.....	29
4.4 Belastning samt slitage på miljö.....	32
5. DISKUSSION .....	35
6. SAMMANFATTNING .....	41
7. REFERENSLISTA.....	43
7.1 Publikationer .....	43
7.2 Elektroniska publikationer .....	43
8. BILAGOR .....	45



# **1. ABSTRACT**

The purpose of this report is to investigate the problems and time wasters for a system with two 74-ton chips carriages which is a chipper and a truck. This is achieved through a time study with focus on logistics and each operation has been noted. The study pointed to long industrial times for the transport vehicle. The reason was the unloading mechanism that had a slowly unload and also generated more short transports in industry. The conclusion is that the short transport distances required high availability to the chipper, while at longer distances needs high load capacity. Primarily, it is the process of chipping that cost and therefore it is important that the chipper has as high utilization rate as possible.





## 2. INLEDNING

### 2.1 GROT- en förnyelsebar resurs

I Skogsskötselserien - Skogsbränsle (Egnell, 2009) antyds att skogsbränsle är ett relativt nytt sortiment i dagens skogsbruk, ändå är det redan det tredje största sortimentet efter rundvirkessortimenten timmer och massaved. Skogens energiresurser har en rad olika begrepp såsom bibränslen, trädbränslen, skogsbränslen och GROT. Biobränslen benämns som en överkategori för all biomassa som används för energiändamål. Biobränslen delas sedan upp i ytterligare fyra kategorier varav en är trädbränslen. Där ingår inga skogsråvaror som genomgått en kemisk process, exempelvis ingår inte returpapper från massaindustrin i trädbränslen. Trädbränslen kan sedan grenas upp i skogsbränsle tillsammans med två andra bränslen, vilka är energiskogsbränsle och återvunnet trädbränsle. Skogsbränsle beskrivs som oanvänd trädbiomassa, vidare skiljer man på primärt och sekundärt skogsbränsle. Vanligast bland det primära skogsbränslet är avverkningsrester såsom grenar och toppar (GROT), även om avverkningsstubbar, skadat virke och klena okvistade stammar också räknas in här.

Egnell (2009) menar att biomassafunktioner skapade av Marklund (1988) indikerar att Sveriges gran och tall till mellan 10 och 35 procent består av grenar och barr samt cirka ytterligare 5 procent om även toppar räknas. Utifrån tillväxtfunktioner och nämnda biomassafunktioner beräknar Skogliga konsekvensanalyser (SKA 99) att drygt 10 miljoner ton torrsbstans skulle vara möjligt årligen för perioden år 2011-2020, efter framräknade avverkningsvolymmer.

Skogsbränsle i form av 1 ton flis motsvarar 2-4 MWh eller 7,2 -14,4 GJ. Värmevärdets variation beror bland annat på fukthalten (Egnell, 2009).

År 2014 genererade biobränsle 130 TWh av Sveriges energitillförsel, en ganska så betydelsefull del då den totala energitillförseln i Sverige var cirka 555 TWh (Energimyndigheten, 2014, Länk A). Egnell (2009) menar att biobränslen är en relativt ny resurs, dock har den alltid använts i mindre omfattning sedan människan började hantera elden. Skillnaden nu är att den används allt flitigare inom industrier, först och främst i skogs- och fjärrvärmeindustrin. Övriga användare är husägare medan drivmedel för transport endast motsvarar 3 procent. Upptakten för intresset av biobränslen beror på att människor idag är mer medvetna, biobränslen sticker ut då det är en förnyelsebar resurs. Samtidigt drivs politiken angående energi av främst två frågor, det ena är att undvika import genom att vara självförsörjande, det andra är klimatet. Båda frågorna berör i allra högsta grad fossilt bränsle. Länderna som besitter tillgångarna på fossilt bränsle är inte minst politiskt oroliga.

I ett vidare perspektiv satte EU-kommissionen upp nya miljömål år 2007. Tillsammans ska EU-länderna nå tre uppsatta mål fram till och med år 2020. Det vill säga 20 procent förnybara energikällor, 20 procent lägre CO<sub>2</sub>-utsläpp jämfört med 1990 samt att 10 procent av drivmedlen ska komma från förnybara energikällor. Eftersom målen är gemensamma och de olika länderna har olika förutsättningar, så finns även olika interna mål. För Sverige gäller det att öka andelen förnybar energi från 40 procent till 49 procent. 2005 års koldioxidutsläpp ska minska med 17 procent. Detta kan jämföras med tiden mellan 1983 fram till 2006 då förnybar energi ökade med 9 procent. Skillnaden i dagens uppsatta mål är att perioden är tio år kortare. Restprodukter från skogsindustrierna samt biobränslen till värmesektorn hade redan introducerats innan målen sattes upp för förnybar energi. Marknaden för biomassa måste öka i Sverige men även ute i Europa, även energi från sol, vind och vatten måste effektiviseras enligt Egnell (2009).

Björheden (2011-2012) och Iwarsson Wide (2012-2015) har med senare rapporter dock visat att Sverige redan uppfyllt målet för förnybar energi som enda land hittills. Detta åstadkoms genom ökat nyttjande av värmeverk, såväl nybyggnationer som utbyggnader. Då både teknik, metod och kompetens för området utvecklades kunde sortimentet konkurrera med slagkraftiga priser.

Den så lovande utvecklingen mattades av under senare delen av perioden för 2020-målet. Efterfrågan för skogsbränsle har minskat under 2011 fram tills idag och de bidragande orsakerna är flera. Energiförbrukningen har minskat generellt som följd av de senaste årens milda vintrar och den lågkonjunktur som drabbat landet. Ytterligare ett faktum är att de tidigare så inriktade utbyggnationerna nu allt mer gått över till utbyggnationer för inriktning av andra bränslen. De nya utbyggnationerna kan omhänderta hushållsavfall vilket är billigt att importera inom EU-länderna. Fossila bränslen har sjunkit i pris utan att skatt och avgifter följt med i utvecklingen. Den minskade efterfrågan för skogsbränsle leder till större lager och en minskad lönsamhet enligt Björheden (2011-2012) och Iwarsson Wide (2012-2015).

Egnell (2009) som tidigare nämnt biomassa som ett relativt nytt sortiment menar att tekniken är därefter, vilket kan kopplas till ekonomiska restriktioner. Det används befintlig teknik och logistiken begränsas av kvantiteter och lönsamhet. Satsas det på området finns stora möjligheter att höja lönsamheten likt dagens stamvedskörd som vidareförädlas i massa- och sågverksindustrin. Ekonomiska restriktioner styrs främst av prissättning samt hur det förhåller sig till kostnader, det vill säga lönsamheten. En annan faktor är skogsägaren, utifrån dennes värderingar kommer förhandlingarna. Hinder på vägen är också de ekologiska betydelseerna, men bara ett hinder och på inget vis omöjligt. Enligt bestämmelser och policy förväntas brukare vidta hänsyn till naturen och dess biologiska mångfald. Om uttag utförs på fel objekt kan markens produktionsförmåga minska i och med urlakning. Det är även riskabelt avseende körskador, vilka kan medföra effekter på vatten såväl i grundvatten, sjöar, vattendrag och så småningom hav. Följs FSC- och/eller PEFC certifieringarna bör dock inte dessa

misstag hända. Socialt sett bör inte heller marken brukas på ett misskött sätt. Regleringarna här finns delvis i kulturminneslagen, skogsvårdslagen och rennäringslagen samt tidigare nämnda certifieringar.

För att kompensera näringsförlusterna vid skogsbränsleuttag förespråkas ofta askåterföring. När skogsbränslet passerat genom värmepannan kan man återanvända spillet i form av aska för att kompensera marken för en del av näringsförlusterna i grotuttaget. Vanligtvis handlar det om askåterföring via traktorspridning eller ibland från helikopter. Båda metoderna använder befintlig teknik där redskap finns till spridning av fastgödselmedel. Vilken metod som används är främst en kostnadsfråga och helikopter konkurrerar i stort sett bara då det är stora sammanhängande arealer som ligger avläggset. Skogsbränsleuttag medför en rad långsiktiga effekter, såväl positiva som negativa (Egnell, 2009).

Egnell (2009) skriver att ökade energipriser samt mer miljömedvetna människor kan bidra med att energi från skogsbränsle blir allt mer intressant. Till följd av detta kommer även tekniken och logistiken ses över. Om även skogsbränsle blir en del av sortimentet kanske även skogsskötselsystemet kommer att kompletteras med tanke på ytterligare valmöjligheter.

Egnell (2009) fann också att vid tillvaratagande av avverkningsrester finns ett flertal aspekter att ta hänsyn till. Sortimentet ur produktionssynpunkt lämpar sig bäst i granbestånd då de håller mer biomassa än exempelvis tall. Beståndet får gärna vara på bördig mark, det vill säga en mark med hög bonitet. Ur logistiskt perspektiv måste objekten noga övervägas. Det handlar om objektets storlek, hur terrängen ser ut samt terrängtransportavstånd, avstånd vid vidaretransport och givetvis vilket pris råvaran har i dagsläget.

## **2.2 Tillvägagångssätt vid GROT-hantering**

Egnell (2009) hävdar att skogsbränsle idag såväl som tidigare innebär främst avverkningsrester i samband med stamvedsuttag i slutavverkning. Stamveden upparbetas som vanligt med skillnaden att man placerar grenar och toppar i högar vid sidan av körvägen precis som rundvedssortiment. Tillämpas metoden som kallas för bränsleanpassad avverkning underlättas efterkommande arbete samtidigt som föroreningar minimeras. Genom att låta högarna ligga kvar ute på hygget hinner det torka under tiden som resterna släpper barr. Åtgärden är kvalitetshöjande för sortimentet då askhalt och fukthalt minskar. Parallellt med detta återfår marken en del av sin näring i och med barren. Dock är det inte alltid så lyckat med just avbarrningen då väderlek spelar in både under viloperioden samt uttransporten. Fuktigt väder ger en klibbande effekt på barren och mycket följer med bort från marken.

Enligt Egnell (2009) är nästa steg i hanteringen vältor på avlägg eller vid bilväg där det mellanlagras. Vid mellanlagringen vill man åstadkomma ännu torrare material och därför brukar oftast vältan täckas med så kallat täckpapp som ska minska återfuktning i form av exempelvis regn.

Vältan sönderdelas för vidare transport till slutkund (Egnell, 2009). I Bränsleproduktion-Resurseffektiv sönderdelning (Eliasson, 2015a) förklaras att processen måste göras för att det ska kunna eldas i värme- och kraftverks pannor. Sönderdelningen kan utföras via två metoder, antingen genom kross eller genom hugg. Sönderdelning kan ske på avlägg eller terminal och valet avgörs av den totala kostnaden inkluderat transport. År 2013 uppgavs flisning av GROT kosta 48 kr/ m<sup>3</sup>s medan flisning av klenträdstod kostade cirka 42 kr/ m<sup>3</sup>s, största kostnaden består av drivmedel till maskinerna. Flisning på terminaler kan sällan konkurrera med det mobila alternativet. Förklaringen är att lastvikterna blir betydligt lägre vid transport av osönderdelat material och bör därav inte övervägas vid ett transportavstånd längre än 100 km. Detta trots att sönderdelning av bränsle ved på terminal endast uppgavs kosta 18 kr/ m<sup>3</sup>s samma år. Skillnaden beror på de betydligt kraftfullare och effektivare maskiner som kan användas på terminal.

Vidare förklarar Eliasson (2015a) att materialet som sönderdelas bör vara det som styr val av maskin. Flishuggar lämpar sig enbart på icke förorenat skogsbränsle då knivarna lätt kan bli slöa. Trumhuggar som är en typ av flishugg, finns i varierande storlek och det som styr storleksvalet är användningsområdet. Hur pass effektiv en sådan är, beror dels på storlek och dels på motorstyrkan. Fördelen är att dessa kan användas såväl på skotare inne i terrängen som på vägar och avlägg via släp eller så kallad huggbil.

En huggbil är kort och gott en flisbil med ett monterat huggaggregat för att främst flisa men även om så behövs kunna leverera till slutkund. Problemet är om det uppstår stillestånd. För att nyttja resurserna med en sådan huggbil krävs väl genomförd logistisk planering samt rymliga avlägg. Finland och Centraleuropa använder resurserna genom att blåsa flisen direkt i flisbilar. Genom sönderdelning och lastning i samma moment minskar en mellanhand. Momentet kräver dock stora avlägg så att både huggbil och flisbil kan rangera enligt Eliasson (2015a). Eliasson (2015b) menar att den logistiska planeringen består av att se till skogsbränslelagret vid de olika trakterna samt att följa upp med nödvändigt antal flisbilar. Vältorna bör placeras inom kranavstånd max 8-9 meter från vägkant. Eliasson (2015a) skriver att följderna annars kan bli att huggen blir stillastående med väntetider som är kostsamma.

Krossar är mer flexibla och går att använda vare sig materialet är förorenat eller inte, på bekostnad av högre dieselförbrukning per producerad mängd flis (Eliasson, 2015a).

### **2.3 Logistik vid vidaretransport**

Lumsden (2012, s. 22-23) beskriver det som att *”Logistik definieras som de aktiviteter som har att göra med att erhålla rätt vara eller service i rätt kvantitet, i rätt skick, på rätt plats, vid rätt tidpunkt, hos rätt kund, till rätt kostnad.”*

Lumsden (2012) skriver också att lastbilstransporterna har ökat sedan 1960 i både utsträckning och storlek på bil. Detta kan relateras till några få punkter vilka är småskalighet, flexibilitet, säkerhet, tillförlitlighet, service och anpassningsförmåga.

Lumsden (2012) förklarar att transportkostnaderna kan delas upp i egentliga- och övriga transportkostnader. Till egentliga transportkostnader tillhör förflyttning, lastning, omlastning och lossning. Under kategorin övriga transportkostnader placeras olika former av försäkringar, ersättning till transportföretagen för väntetid vid lastning/ lossning, företagens egen administration och planering, för att nämna några exempel. Ett logistiskt perspektiv strävan är att nyttja tillgängliga resurser i så hög grad som möjligt. Problemet är inte helt enkelt och när resursutnyttjandet studeras letas främst orsaker till dåligt resursutnyttjande för att sedan lösa problemet. För att uppnå fullgott resursutnyttjande krävs att lastbäraren är inriktad till just det uppdraget avser att den ska transportera. Målet är att transportera till lägsta möjliga kostnad. Valet är främst relaterat till kundanpassning eller vilka mängder som ska transporteras.

- Resursutnyttjande =  $\text{Utnyttjade resurser} / \text{tillgängliga resurser}$
- Lastkapacitet =  $\text{Utnyttjad lastkapacitet} / \text{tillgänglig lastkapacitet}$
- Resursutnyttjad tid =  $\text{Utnyttjad tid} / \text{tillgänglig tid}$
- Fysiskt utnyttjande =  $\text{Resursutnyttjad tid} * \text{lastkapacitet}$
- Ekonomiskt utnyttjande =  $\text{Fysiskt utnyttjande} * ((\text{intäkt} / \text{tidsenhet}) / (\text{kostnad} / \text{tidsenhet}))$

Fysiskt utnyttjande beskriver hur väl fordonet utnyttjas, vilket med fördel kan ses i ett överskådligt diagram. Byggs modellen vidare med vetskap om intäkt och kostnad fås ett resultat av det ekonomiska resursutnyttjandet (Lumsden, 2012). Enligt Engström (2015) så berör transport vidare till slutkund cirka 30 procent av de totala kostnaderna. I en pressad skogsbransch utgör detta ett betydligt problem då det bara är lönsamt inom vissa delar av landet.

Skogsbränslelogistik relateras till allt från små detaljer till stora och vida perspektiv. Det kan handla om utrustning och likaså planering genom till exempel transportstyrning. Därav har man eftersträvat högre lastvikter och 2014 togs tre stycken sidtippande 74-tons fordon i bruk i ett projekt som kallas "En trave till" (ETT) och drivs av Skogforsk. Fordonen har en potentiell besparing av bränsle med 10-13 procent gentemot vanliga 60-tons fordon. Parallellt med detta projekt körs ett annat system där en 32 ton tung huggbil med ett 42 ton tungt släp samarbetar med ett flisekipage om 74 ton. Visar sig forskningsprojektet lyckat kan det komma att rulla tyngre lastbilar på vägarna än dagens lagstadgade 60-tonnare. Finland är ett av några länder som nyligen höjt lastvikterna, där är det nu lagligt med 76 ton (Enström, 2015).

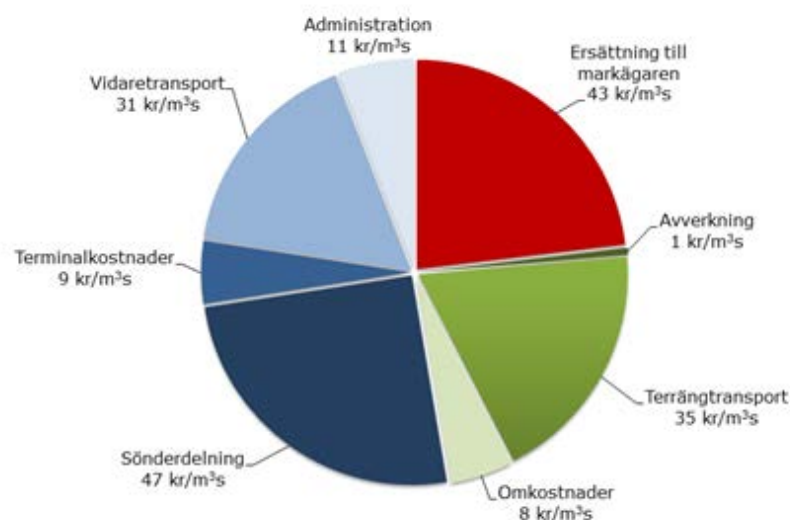
Inom timmer- och massavedstransporter är det idag inte ovanligt att skogsföretagen byter volymer mellan varandra för att minska transportavstånd och därigenom sänka transportkostnaderna, så kallade lägesbyten. Detta har

dock inte utövats i någon vidare omfattning inom skogsbränsle men körs nu på försök. Försöket är delat på interna och externa lägesbyten. Lägesbytena baserades enbart på volym vilket kan vara ett problem främst inom de externa lägesbytena. Detta på grund av att förutom volym spelar fukthalt och kvalitet in när skogsbränsle värdesätts. Analysen visar att transportavstånden kan sänkas med 10 till 15 procent om bibränslevolymer kunde bytas fritt mellan företagarna. Störst verkan skulle lägesbyten göra i Mälardalen där det finns många värmeverk samtidigt som det finns många producenter av bränsle (Björheden m.fl., 2015).

## 2.4 Kostnader och intäkter för flis i dagsläget

Skogsbränsle precis som alla andra sortiment och upphandlingar räknar vinst som intäkt utöver kostnaden. Kostnader är i det här fallet avverkning, skotning och sönderdelning för att nämna några, listan är lång.

På bioenergiportalen har man sammanställt kostnader för producenter av biobränsle år 2011. Vidaretransporten kostade då genomsnittligen 31 kr/m<sup>3</sup>s, ersättningen till markägaren var i medelvärde 43 kr/m<sup>3</sup>s även om den varierade mellan 1 och 32 procent av de sammanlagda kostnaderna (Bioenergiportalen, 2013, Länk B).



Figur 2.4.1 Kostnader för hantering av grot.

På bioenergiportalen nämns att det är en mängd olika faktorer som styr energisortimentens priser och de varierar kraftigt mellan olika uppköpare. Generellt sett är lönsamheten större ju närmre slutkund skogen befinner sig, det vill säga avstånd till värmeverk. Därför är det mindre vanligt med grotuttag i norra Sverige där transporterna ofta blir för långa. Även kvaliteten måste vägas in när pris upphandlas. Bedömningen sker efter den effektiva energin (MWh) som skogsbränslet består av. Priserna stiger med ett torrt oförörenat bränsle som har låg fukthalt. Förutom det ska det gärna vara någorlunda homogent. Det

kan även spela in om flisen är huggen eller krossad samt vad för sorts ursprungsmaterial det är, så som stamved, grot eller stubbar (Bioenergiportalen, 2013, Länk B).

Handelsmått som används vid uppköp av skogsbränsle varierar även dessa vilket gör det svårt att få grepp om lönsamheten. Det rör sig bland annat om volym ( $\text{m}^3\text{s}$ ), vikt (ton) eller areal (hektar,  $\text{m}^2$ ). Används volymmått kan det hända att markägaren får mindre betalt då flisen skakas och packas ihop under själva vidaretransporten. Används istället handelsmåtten ton kontrolleras alltid fukthalten (Bioenergiportalen, 2013, Länk B).

De vanligaste handelsmått för flis är;

- MWh - Energivärde
- $\text{m}^3\text{s}$  - Kubikmeter stjälpt mått. Det vill säga den yttre volymen av flisen
- $\text{m}^3\text{fub}$  - Fasta kubikmeter under bark. Luften har räknats bort och det är bara den massiva massan som räknas.
- $\text{m}^3\text{t}$  – travad volym (av rundved) inklusive luften emellan.
- Ton torrvikt - Vikt efter inmätning och fukthaltsbestämning.

Utöver ovan nämna handelsmått tillkommer ett antal omräkningstal för överföring mellan de olika handelsmått (Bioenergiportalen, 2013, Länk B). Dessa omräkningstal har använts i denna studie.

**Tabell 2.4.1** Omräkningstal för stubbar.

Fukthalt 30 %	Ton	MWh	$\text{m}^3\text{s}$	$\text{m}^3\text{fub}$
Ton	1	3,48	3,7	1,4
MWh	0,29	1	1,1	0,4
$\text{M}^3\text{s}$	0,27	0,9	1	0,38
$\text{M}^3\text{fub}$	0,7	2,5	2,65	1

**Tabell 2.4.2** Omräkningstal för grot.

Fukthalt 40 %	Ton	MWh	$\text{m}^3\text{s}$	$\text{m}^3\text{fub}$
Ton	1	2,8	3,1	1,2
MWh	0,35	1	1,1	0,4
$\text{M}^3\text{s}$	0,32	0,8	1	0,36
$\text{M}^3\text{fub}$	0,8	2,3	2,6	1
$\text{M}^3\text{t}$	0,16	0,45	0,5	0,19

**Tabell 2.4.3** Omräkningstal för brännved.

Fukthalt 40 %	Ton	MWh	m <sup>3</sup> s	m <sup>3</sup> fub
Ton	1	2,5	3,13	1,25
MWh	0,4	1	1,25	0,5
M <sup>3</sup> s	0,32	0,8	1	0,4
M <sup>3</sup> fub	0,8	2,0	2,5	1

**Tabell 2.4.4** Omräkningstal för träddeklar.

Fukthalt 45 %	Ton	MWh	m <sup>3</sup> s	m <sup>3</sup> fub
Ton	1	2,5	3,13	1,25
MWh	0,4	1	1,25	0,5
M <sup>3</sup> s	0,32	0,8	1	0,4
M <sup>3</sup> fub	0,8	2,0	2,5	1
M <sup>3</sup> t	0,27	0,6	0,8	0,3

Källa hittas i (Bioenergiportalen, 2014, Länk C).

Kvarnmon AB som är virkeshandlare och levererar till bland annat Strömsund och Junsele värmeverk använder följande priser. Bränsleved, 210 kr/m<sup>3</sup>fub förutsatt en fukthalt under 45 procent. Träddeklar, 200 kr/ton torrsubbstans med bonussummor på 40 kr/ton respektive 70 kr/ton torrsubbstans vid fukthalter under 40 respektive 30 procent. Grot betalas med 120 kr/ton torrsubbstans men med har samma bonustillägg som träddeklar. Denna prislista innehåller även andra kriterier med såväl erbjudanden som avdrag (Kvarnmon AB, 2014, Länk D).

Statistikuppgifter från skogsstyrelsen visar att priset för skogsflis till industri betalades med 199kr/MWh medan värmeverk betalade 197 kr/MWh samtidigt som samma slutkunder hade ett något lägre pris för biprodukter (Skogsstyrelsen, 2015, Länk E).

Tonkilometermetoden används här för att bestämma verkningsgraden, det vill säga hur mycket bränsle som förbrukas per tonkilometer.

- Brf<sub>T</sub> = Medelförbrukning (Milliliter per tonkilometer).
- Brf<sub>A</sub> = Medelförbrukning (Liter per kilometer).
- Avstånd = Transportsträcka (kilometer) med last.
- Vikt = Lastvikt (ton)

$$\text{Brf}_T = (\text{Brf}_A * \text{Avstånd} * 2 * 1\,000) / (\text{Avstånd} * \text{Vikt})$$



Formel för att beräkna tonkilometer (personligt meddelande, Henrik von Hofsten, Skogforsk, 2015).

## **2.5 Ingående företag i studien**

### **2.5.1 Skogforsk**

Skogforsk är en organisation som bildats för att tillföra tillämpbara kunskaper, tjänster och produkter för ett lönsamt och hållbart skogsbruk i Sverige. Deras forskningsområde är brett och spänner sig över hela skogens värdekedja med inriktning på skogsbruk. Organisationen finansieras av skogsnäringen samt staten. Idag är det drygt hundra anställda och huvudkontoret ligger i Uppsala (Skogforsk, 2015, Länk F).

### **2.5.2 Aj Logistic AB**

AJ Logistic AB registrerades 2006 och har sin region i mellersta Sverige med basen i Karlstad. Företaget står för kompetens, innovation och pålitlighet. Fokus ligger på biobränsle från produktion vidare till industri. De erbjuder tjänster som flisning, transporter, energiklipp och skotning. Företagets maskinpark består bland annat av två 74 tons ekipage vilka studerats i denna studie (personligt meddelande, Andreas Johanson, AJ Logistic AB, 2015).

## **2.6 Studiens syfte**

Målsättningen med denna studie är att utvärdera hur det fungerar med ett 74 tons flisbildekipage i samspel med en 32 tons huggbil med 42 tons släp, relationen blir att de växlar släp med varandra då två släp finns tillgängliga. Eftersom båda bilarna kan köra släpen hoppas man kunna få en tidsvinst i och med minskade väntetider.

Syftet med studien är att utreda problem som kan dyka upp med logistiken ekipagen emellan. Förhoppningsvis ska tidsstudien kunna sätta fingret på var flaskhalsar uppstår.



## **3. MATERIAL OCH METODER**

### **3.1 Upplägg**

Studien genomfördes under en period om 10 veckor under vårterminen 2015. Tidsstudien genomfördes under två veckor (vecka 7 och 10). Tidsstudien skulle vara så precis som möjligt och varje enskilt arbetsmoment noterades i tid. Till hjälp användes en enkel laptop med Excel 2010. I programmet användes en makrostyrd fil skapad av Skogsforsk med enkla kommandon för att hålla reda på arbetsmomenten och dess tider, se bilaga 1.

### **3.2 Material**

I studien användes:

- GPS och kartdirektiv
- Microsoft Office Excel 2010, tidsstudie-fil
- Dator, HP EliteBook 2540p

### **3.3 Maskiner**

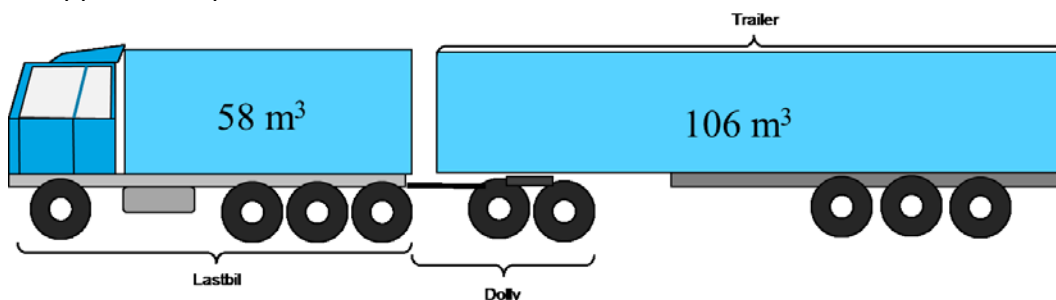
Studien görs på ett 74 tons flisekipage som körs i kombination med ett huggbilsekipage även det på 74 ton. Då trafikverkets regler normalt har en gräns om maximal bruttovikt på 60 ton körs dessa ekipage med undantag. Maskinerna rullar på enkelskift.

Ekipage 1 består av en dragbil, modell Volvo FH16 650. Dragbilen är utrustad med ett Jenz Hem 583 flishuggaggregat. Aggregatet sitter på en vändskiva som gör att det kan roteras horisontellt för optimal inmatning. Även blåsröret som styr utmatning av flis kan vridas för att lättare kunna positionera ekipagen mot varandra. Flisaggregatet med kran och hytt samt övrig tillhörande utrustning beräknas väga omkring 21 ton vilket ger en tjänstevikt på 32 ton för hela dragbilen. Denna bil liksom den rena transportbilen kan koppla på dolly med trailer vilket ger en längd på 25,25 meter.

Ekipage 2 är en dragbil av modell Volvo FH16 540. Dragbilen har ett skåp och en påkopplad dolly med trailer. Totalt utgör ekipaget en längd av 25,25 meter, fördelat på dragbilens 4 axlar samt ytterligare 5 axlar räknat på dollyn och trailern. I och med detta överstiger inte axeltrycket normala begränsningar trots att ekipagevikten uppgår till 74 ton. Tjänstevikten för hela ekipaget är 26,430 ton och nyttolasten mäts till cirka 157 m<sup>3</sup>s eller cirka 48 ton beroende på flisens fukthalt.

Både skåp och släp är utrustat med Walking floor. Mer specifikt består utrustningen av ett antal lameller i flisutrymmets botten som stegvis matar ut flisen bakåt ur utrymmet. Fördelarna i just detta fall är att flisskåpen kan byggas med lägre golv vilket ger större volym än en konventionell sidtippare. Konsekvensen är att man istället måste koppla av och på släpet varje gång

flisskåpet på bilen ska tömmas, något som hade kunnat undvikas med ett sidtippande skåp.



**Figur 3.3.1** Illustration av ekipage 2 bestående av flisbil med släp (dolly+trailer) men skiljer sig bara från huggbilen genom att den har ett huggaggregat istället för skåpet på dragbilen.

Fortsättningsvis kommer huggbilen kallas ekipage 1 medan flisbilen härnäst kallas ekipage 2.

Benämningar för ekipagen i samband med tabeller och figurer:

- Ekipage 1 – 32 ton huggbil med möjlighet att dra släp tillhörande ekipage 2.
- Ekipage 2 – 74 ton flisekipage utrustad med Walking floor.
- Ekipage 3 – 60 ton flisekipage utrustad med sidotipp.
- Ekipage 4 – 74 ton flisekipage utrustad med sidotipp.
- Ekipage 5 – Ekipage 2 utan släp.

### 3.4 Allmänt

Chaufförerna kör 5 dagar i veckan fördelat på två 10-timmars skift samt tre 9-timmars skift vilket resulterar i 47 arbetstimmar per vecka. Körningarna får pågå i 4,5 timmar innan de måste avbrytas med rast. Rasten ska vara minst 45 minuter men går att dela upp på två raster om den avslutande rasten är minst 30 minuter.

Tidsstudien gjordes i Värmlands- och Dalarnas län. Främst fanns avläggen i närheten av Hagfors, Värmland samt mellan Enviken och Alfta på Dalagränsen, Dalarna. Flisen kördes till Hedens värmeverk och Kristinehamn (Värmland) medan Kvarnsvedens värmeverk tog emot i Dalarna.

### 3.5 Arbetsmoment, definitioner

(Dessa moment gäller för ekipage 2)

- **Lastning, släp** (Rast för flisbilschaufför under pågående lastning)
- **Lastning, skåp** (Rast för flisbilschaufför under pågående lastning)
- **Väntan** (D.v.s. tid då flisbil väntar på huggbil: Lastning av annat ekipage, förflyttning och förberedelser/ihoptagande vid lastning)

- **Rast**
- **Rangering, avlägg.**
- **Vidaretransport**
- **Invägning** (Inmätning av volym och vikt samt fukthaltsprov)
- **Rangering, industri.** (Sträcka mellan mätstation och flisficka/terminal samt extra körning p.g.a. från/påkoppling släp inklusive tiden det tar för från/påkoppling släp)
- **Lossning, släp** (Låsning bakre axel, backning/positionering, öppning/stängning lucka, utmatning av flis)
- **Lossning, skåp** (Backning/positionering, öppning/stängning lucka, Utmatning av flis)
- **Utvägning** (Enbart vikt)
- **Övrigt** (Täckning/avtäckning last)
- **Reparation**
- **Tankning** (Inklusive kortare rutter till pump och köer)
- **Service**

I tabell 3.5.1 har den utnyttjade tiden satts till 1652 timmar per år vilket motsvarar 207 arbetsdagar. Den tekniska utnyttjandegraden är beräknad för ekipage 2 men har här ändå använts för samtliga ekipage. Inköspriset är efter samråd och eget antagande 4 miljoner kronor för 74 tons ekipage exklusive extra släp medan 60 tons ekipage är 1 miljon billigare. Inköspris för det extra släpet har här värderats till 1,8 miljoner för ekipage 2. De rörliga kostnaderna styrs av prestation och fördelning av arbetsmoment vilket är svårberäkneligt. Tabell 3.5.1 presenterar även bränsleförbrukning och slitage för de olika ekipagen. Literpriset för diesel har uppgetts till 11 kronor. Slitage på däcken anses ligga omkring 0,33 kronor per mil och däck vilket också är underlaget i denna studie. Ekipage 3 har 24 däck medan övriga ekipage har en uppsättning på vardera 32 däck.

**Tabell 3.5.1** Prisuppgifter och nödvändigt beräkningsunderlag för kostnader.

Kalkylränta 3,6 %	Ekipage 1	Ekipage 2	Ekipage 3	Ekipage 4	Ekipage 5
	Enkelskift	Enkelskift	Enkelskift	Enkelskift	Enkelskift
Timmar/ år:	1652	1652	1652	1652	1652
Teknisk utnyttjandegrad:	90%	93%	93%	93%	93%
Utnyttjad tid:	1487	1536	1536	1536	1536
Längd, m:	25,25	25,25	24	25,25	25,25
Totalvikt, ton:	74	74	60	74	74
Taravikt, ton:	34	26	28	30	26
Lastvikt, ton:	40	48	32	44	48
Teknik:	Hugg	Walking floor	Sidtipp	Walking floor	Sidtipp
Inköpspris:	5 000 000	5 800 000	3 000 000	4 000 000	4 000 000
Restvärde:	1 000 000	870 000	450 000	600 000	600 000
Livslängd:	5	7	7	7	7
Kapital, kr/år:	4 162 083	5 120 795	2 648 687	3 531 583	3 531 583
Annuitet:	0,22	0,16	0,16	0,16	0,16
Service och reparation, kr/år:	133 333	444 444	177 778	311 111	311 111
Övrigt, kr/år:	115 000	115 000	115 000	115 000	115 000
Lön, kr/ h:	280	280	280	280	280
Diesel, kr/ liter:	11	11	11	11	11
Vidaretransport, liter/ mil:	5,5	5,5	4,5	5,5	5,5
Rangering, liter/ mil:	10	10	8	10	10
Kraftuttag, liter/ h:	110	25	22	25	25
Slitage, kr/ mil:	11,8	11,8	9,2	11,8	11,8

Beräkningsunderlag för momentsfördelning och kostnader per timme återfinns i tabell 3.5.2. Rangering och körsträcka (vidaretransport) skrivs ut som mil, de andra momenten skrivs i procent då dess kostnader beräknas i tid. Hastigheten vid vidaretransporten har angetts till 69 kilometer per timme medan rangering nedan antagits hålla 30 kilometer per timme.

**Tabell 3.5.2** Momentsfördelning för de olika ekipagen.

		<b>Ekipage 3</b>	<b>Ekipage 4</b>	<b>Ekipage 2</b>	<b>Ekipage 5</b>
Rangering, mil:		0,6	0,5	0,6	0,7
Kraftuttag, %/h:		5%	6%	22%	28%
Stilla, %/h:		75%	77%	59%	48%
Körsträcka, mil:	0	0,0	0,0	0,0	0,0
Rangering, mil:		0,4	0,4	0,4	0,5
Kraftuttag, %/h:		3%	4%	17%	20%
Stilla, %/h:		50%	53%	44%	34%
Körsträcka, mil:	25	2,3	2,1	1,7	2,0
Rangering, mil:		0,3	0,3	0,3	0,4
Kraftuttag, %/h:		2%	3%	13%	15%
Stilla, %/h:		37%	41%	35%	27%
Körsträcka, mil:	50	3,5	3,2	2,7	3,1
Rangering, mil:		0,2	0,2	0,3	0,3
Kraftuttag, %/h:		2%	3%	11%	13%
Stilla, %/h:		30%	33%	30%	22%
Körsträcka, mil:	75	4,2	3,9	3,4	3,8
Rangering, mil:		0,2	0,2	0,3	0,3
Kraftuttag, %/h:		2%	2%	10%	11%
Stilla, %/h:		25%	28%	25%	18%
Körsträcka, mil:	100	4,6	4,4	3,9	4,3
Rangering, mil:		0,2	0,2	0,2	0,2
Kraftuttag, %/h:		1%	2%	8%	9%
Stilla, %/h:		21%	24%	22%	16%
Körsträcka, mil:	125	4,9	4,8	4,3	4,6





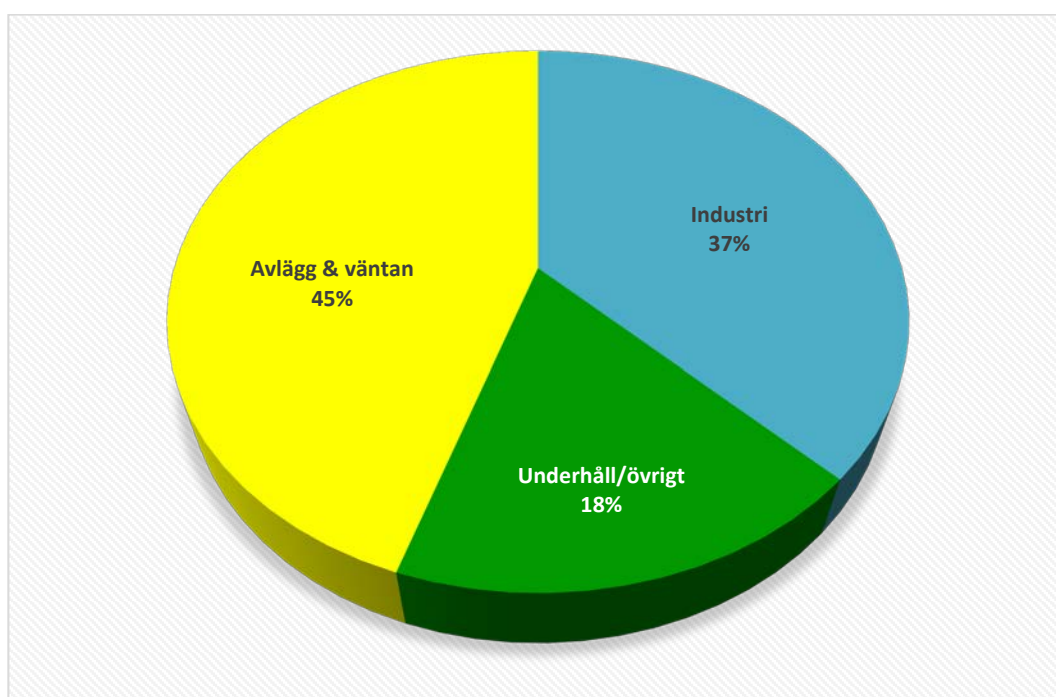
## 4. RESULTAT

Resultatdelen redovisar de uppmätta resultaten och inkluderar till exempel reparationstider med mera då tanken är att tidsstudien ska utvisa flaskhalsar och eventuella lösningar. Resultaten redovisas stegvis med början i avsnitt 4.1 Indelning av arbetsmoment där främst rörelsemönster kommer presenteras. Nästföljande punkt 4.2 prestationer beskriver mycket av tidsåtgångar innan 4.3 kostnadsberäkning och kalkylering övertar. Sista steget handlar om 4.4 belastningar och slitage på miljön vilket tillämpas med hjälp av bland annat tonkilometermetoden.

Studien är genomförd på ekipage 1 och 2 medan ekipage 3 till 5 är teoretiskt beräknade som jämförelser.

### 4.1 Indelning av arbetsmoment

Flisbilens ändamål är att leverera flisen från avlägg fram till slutkund. Effektiviteten vid vidaretransporten styrs av hastighet samt faktorer som inte går att kontrollera på samma sätt, så som bland annat trafikintensitet och väglag. Figur 4.1.1 beskriver därför hur arbetstiden för ekipage 2 är fördelad från taget vidaretransporten. Överlag spenderas längst tid på avlägget inklusive väntan medan industrin kommer kort därefter.

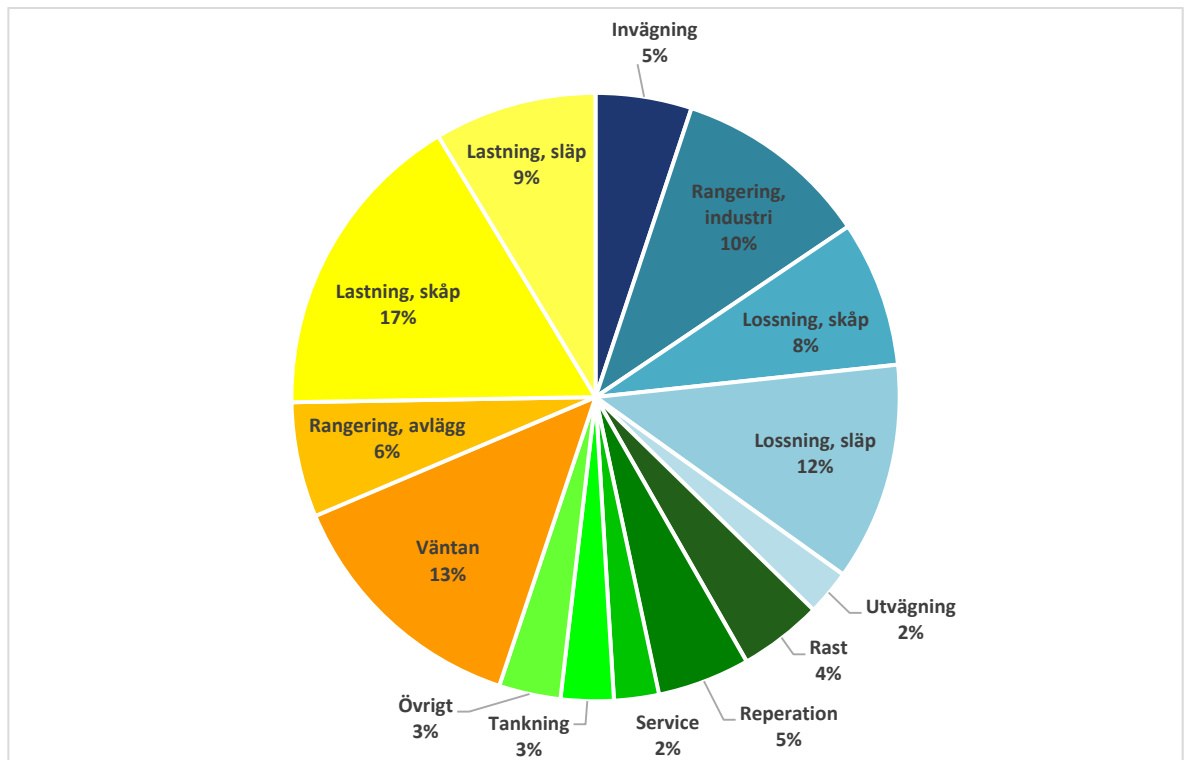


**Figur 4.1.1** Procentuell fördelning över ekipage 2 arbetstid exklusive körtid.

Figur 4.1.1 och figur 4.1.2 beskriver båda arbetsfördelningen för ekipage 2 med skillnaden att den sistnämnda figuren innehåller mer utförlig information. Figur 4.1.1 beskriver egentligen var ekipaget finns på ett överskådligt sätt. Arbetsmomenten har indelats i färgskalor efter arbetsfördelning i figur 4.1.2.

Tidsmässigt motsvarar 1 procent det samma som 1 minut och 21 sekunder hos figurerna. Totalt motsvarar detta 2 timmar och 14 minuter, vilket en vända genomsnittligt tog när tid för vidaretransporten dragits av.

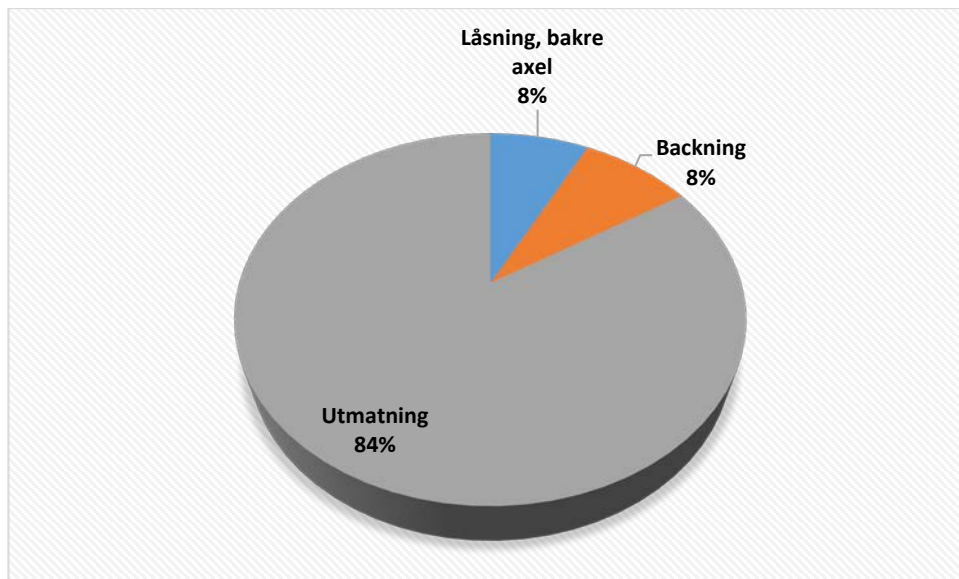
Icke regelbundet återkommande moment per vända: Rast, reparation, service, tankning, övrigt, väntan och lastning av släp. I tårtsbiten "invägning" ingår en väldigt liten andel kö som där av inte har separerats från denna kategori. Likaså hände det sig att kö uppstod vid tankning men även det en betydelserlös andel som i studien inte särskilts från "tankning".



**Figur 4.1.2** Ekipage 2 fördelning av arbetsmoment i procent av total tid.

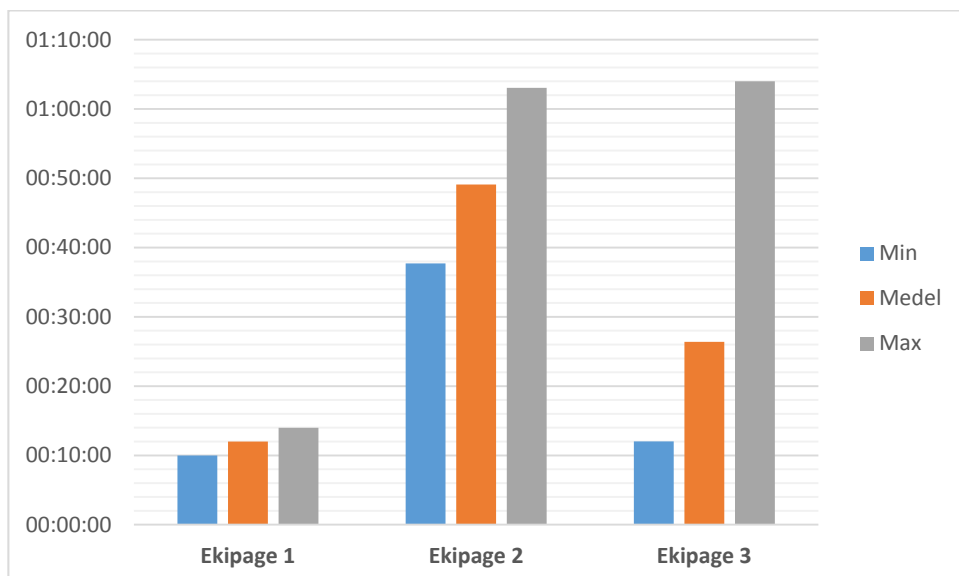
Av figuren framgår att vissa arbetsmoment tar mycket tid trots att de, till synes, inte borde behöva göra det, såsom väntan och industritid. Lastning och lossning är tider som är svårare att påverka.

Även lossning av släp är tidskrävande med den lossningsteknik i form av Walking floor som används på ekipage 2. Det är främst utmatningen som tar tid medan de två andra arbetsmomenten i runda tal tar en minut vardera.



**Figur 4.1.3** Tidfördelning vid lossning av släp för ekipage 2.

Ekipage 3 ägnade jämförelsevis 3 minuter och 21 sekunder vid lossning, från det att luckorna öppnades till att de stängdes. Tippning släp utgjorde 1 minut och 47 sekunder och tippning skåp tog 29 sekunder, vilket totalt blir drygt 2 minuter för tippning av ekipage 3. Resterande tid bildas av positionering samt öppning/stängning av luckor.

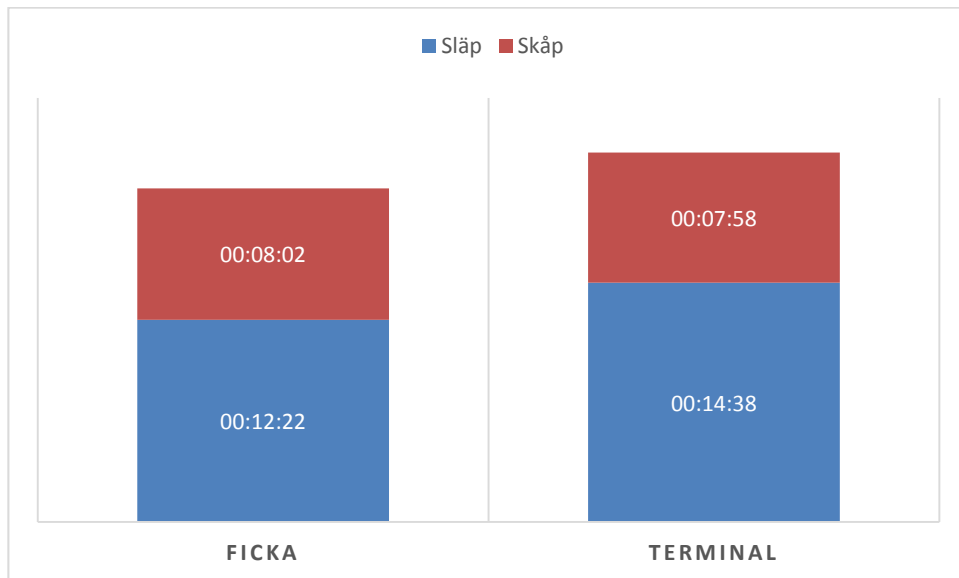


**Figur 4.1.4** Tidsåtgång inne på industriområdet för ekipage1, 2 och 3.

Enligt figur 4.1.4 har ekipage 3 en tid i industriområdet på ungefär 26 minuter vilket är näst snabbast efter Ekipage 1. Ekipage 1 känt som huggbil har en anmärkningsvärd kort tid i förhållande till ekipage 2 som kör med samma släpsystem. Detta förklaras av att huggbilen endast kör sista lasten från ett avlägg innan traktbyte. Följden blir att dessa vändor ofta består av liten lastfyllnadsgrad vilket i sin tur innebär kortare lossningstid. Huggen lossar bara släpet och behöver ingen extra rangering på grund av från och påkoppling av

släpet. Dessutom hade huggbilen en betydligt effektivare hydraulpump vilket kortade utmatningstiden en hel del.

Ekipage 2 använder knappt en timme inne på industrin. Enbart lossningsmomentet tar 21 minuter och 48 sekunder, vilket inte är långt ifrån den totala industritiden för ekipage 3, visserligen rymmer ekipage 2 större last.



**Figur 4.1.5** Utmatningstider för Walking floor, ekipage 2.

Figur 4.1.5 är ett enklare diagram skapat för att särskilja utmatningstiderna för släp och skåp samt redogöra var lasten lossats. Lossning i ficka är något snabbare med en medeltid på drygt 20 minuter. Lossning i ficka innehåller ingen förflyttning av ekipaget, vilket är oundvikligt i de allra flesta fall då flisen lossas på mark.

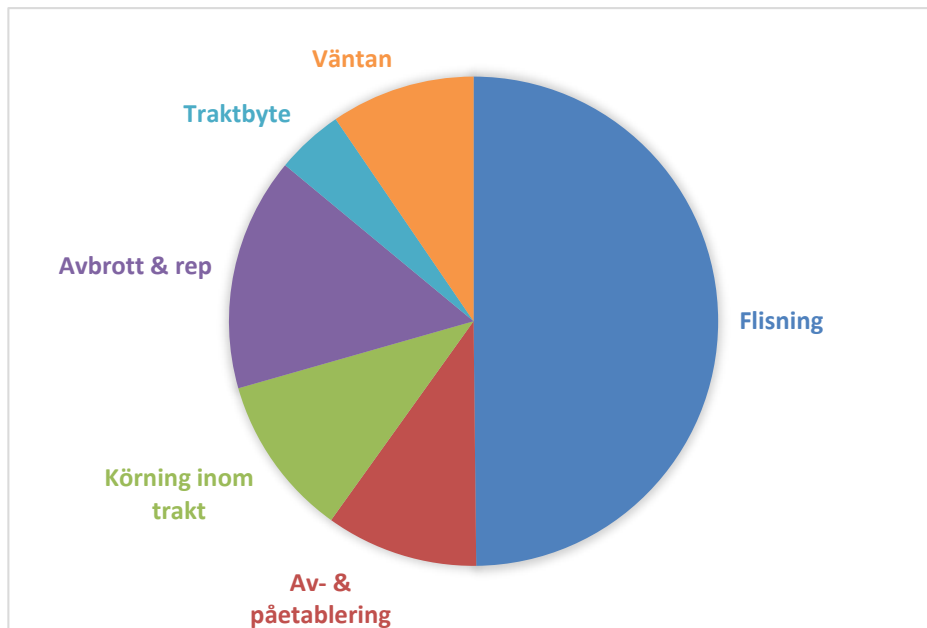
**Tabell 4.1.1** Siffror från inmätning samt utvägning vid industri för ekipage 2.

Antal	Ton			M <sup>3</sup> s
Vända	Ekipage	Tara	Last	Volym
1	74,95	28,78	46,19	110
2	73,5	29,26	44,24	124,6
3	72,25	28,62	43,63	137,6
4	62,5	28,76	33,74	132,6
5	72	28,5	43,5	139,5
6	71,2	29,4	41,8	98
7	73,35	28,54	44,83	128,1
8	68,95	28,7	40,25	123
9	62,2	28,38	33,82	117,2
10	72,88	28,88	44	139
11	67,04	28,42	38,62	121,8
12	70,78	28,24	42,54	137,48
13	68,8	28,54	40,26	123,49
14	68,86	28,52	40,34	119,96
15	67,96	28,14	39,82	145,58
<b>Medel</b>	<b>69,81</b>	<b>28,65</b>	<b>40,95</b>	<b>126,53</b>
<b>Stdav.s</b>	<b>3,79</b>	<b>0,34</b>	<b>3,72</b>	<b>12,63</b>
<b>Kapacitet</b>	74	26	47,54	157
<b>Utnyttjad</b>	<b>94%</b>	<b>110%</b>	<b>86%</b>	<b>81%</b>

Utifrån tabell 4.1.1 utläses att lassfyllnadsgraden når 86 procent. Den tillgängliga lastkapaciteten har beräknats utifrån ekipagets bruttovikt på 74 ton som projektet fått undantag på, frånräknat tjänstevikten. Den utnyttjade lastkapaciteten har beräknats på samtliga vändornas medelvärde. Värdet blir mer osäkert vid beräkning utifrån volym då fukthalten kan variera och påverka vikten. Kubikmeter stjälpst mått väger med de blandningar som förekommit under denna studie, cirka 320 kilo per m<sup>3</sup>s. I studien ingick grothflis av tall- och gran samt stamvedsflis.

Vid beräkning av resursutnyttjad tid tas hänsyn även till vidaretransporten då detta är en av huvudsysslorna för flisbilar så som ekipage 2. I denna studie var avståndet i medeltal 75 kilometer enkel väg och medelhastigheten vid just vidaretransporten var 69 kilometer per timme. Den berörda tiden per vända blir  $75\text{km} \cdot 2 / 69\text{km/h}$  vilket motsvarar cirka 2 timmar och 12 minuter eller 2,2 timmar i runda tal. Momenten utöver vidaretransporten omfattar även de cirka 2,2 timmar varav reparationer och service är drygt 0,2 timmar. Ekvationen för resursutnyttjad tid blir då enligt följande ( $4,2/4,4=97$  procent). Resursutnyttjande tiden är också vad som kallas tekniska utnyttjandegrad och kan beskrivas som teknisk tillgänglighet.

I relation med ekipage 2 kördes ekipage 1 med främsta mål att sönderdela och lasta flis, det vill säga flisa. Projektet klockade givetvis även detta ekipage och här nedan finns tillgång till ekipage 1 tidfördelning.



**Figur 4.1.6** Tidfördelning av ekipage 1 arbetsmoment.

Ekipage 1 ägnade nästan 50 procent av tiden till att flisa, se figur 4.1.6. Av- och påtablering vilket menas preparering och hoptagning före och efter flisning, utgjorde dryga 15 procent. Körning inom trakt var drygt 10 procent. Väntan nådde även det en nivå på nästan 10 procent. Traktbyte svarar för cirka 5 procent medan avbrott och reparation utgör mer än 15 procent.

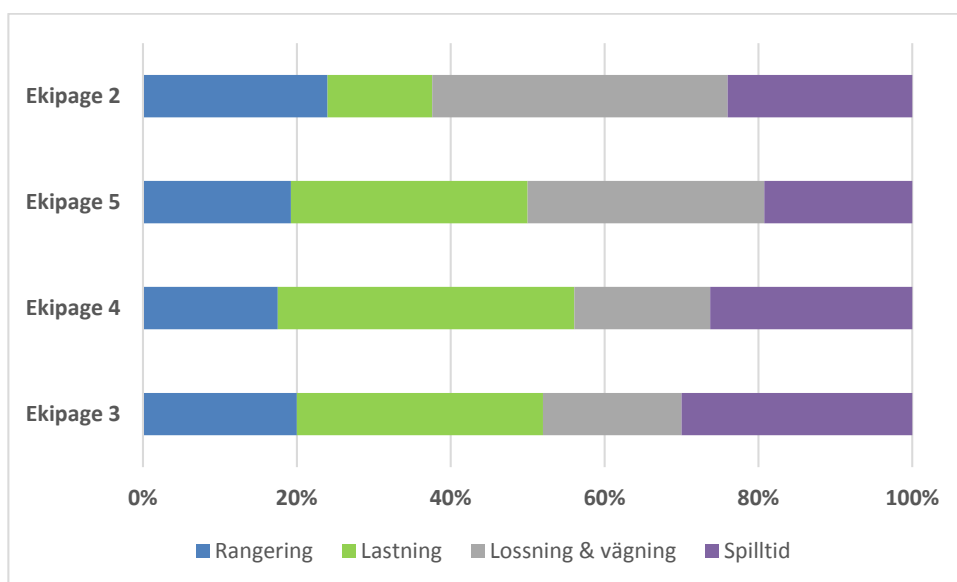
Merparten av service och reparationer (exempel knivbyten) skedde i samband med väntan på flisbilarna men vid några tillfällen uppstod reparationer under flisning, vanligen stenkörning vid flisningsproceduren. Problem uppstod även med grövre dimensioner vid stamvedsflisning.



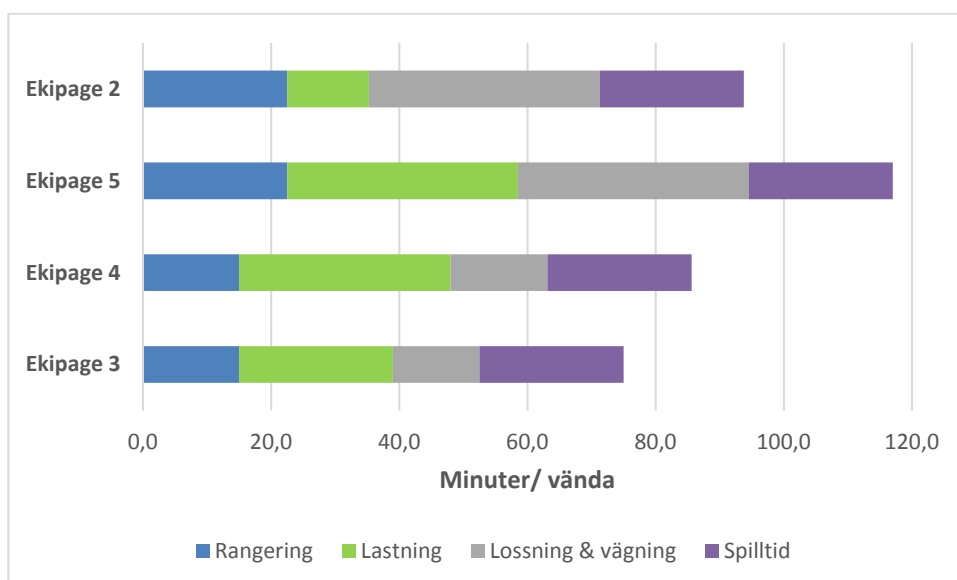
**Figur 4.1.7** Stamvedsflisning.

I figur 4.1.8 har en sammanställning av arbetsmomentsfördelning för samtliga transportekipagen gjorts. Denna kan lätt misstolkas då detta är i procent och inte

i tid. Rangering tar 15 minuter per vända för ekipage 3 och 4, de två resterande däremot har en något längre rangertid då de på industri måste anordna med från- och påkoppling av släp. Därför är deras rangertid uppmätt till 22,5 minuter. Lastning går fortare för ekipage 2 än för ekipage 5 i och med att ekipage 2 har dubbel uppsättning släp, vilket innebär att det andra släpet redan är lastat när ekipaget kommer fram till avlägget. Spilltid är i tid densamma för samtliga ekipagen. Figur 4.1.8 och figur 4.1.9 är exklusive väntetider då det inte ska behöva uppstå för transportekipagen då de körs var för sig.



**Figur 4.1.8** Procentuell fördelning av arbetsmomenten för ekipage 2 till 5.



**Figur 4.1.9** Fördelning av arbetsmomenten för ekipage 2 till 5.

## 4.2 Prestationer

Ekipage 1 (huggbil) presterade 45 ton per timme effektiv flisningstid vilket tekniskt sett innebär att den lastar transportekipagen. Ekipage 1 flisade dock

bara 50 procent av tiden i denna studie då väntan inkluderas, detta betyder att ekipage 2s prestation hamnade på 22,5 ton per timme. Samtidigt har ekipage 2 med en prestation på 10,9 ton per timme beräknat på den genomsnittliga tiden en vända tog i studien. Prestationen för ekipage 2 ovan får tas i beaktning då ytterligare ett ekipage kördes i studien, nämligen ekipage 3. Dessa transportekipage sänkte prestationen för varandra främst genom väntan vid lastning. Dessutom var lastfyllnadsgraden 85 procent för ekipage 2 medan ekipage 3 hade en lastfyllnadsgrad på 89 procent. Ekipage 3 vinner mycket tid på industri i och med sidtippningen. Ekipage 2 däremot har 2 uppsättningar släp och växlar dessa på avlägget. Det betyder många gånger att släpet är färdigfyllt när ekipage 2 kommer till avlägget, och att endast skåpet på dragbilen behöver fyllas. Dessa två ekipage vinner alltså tid på olika ställen inom sina arbetscykler.

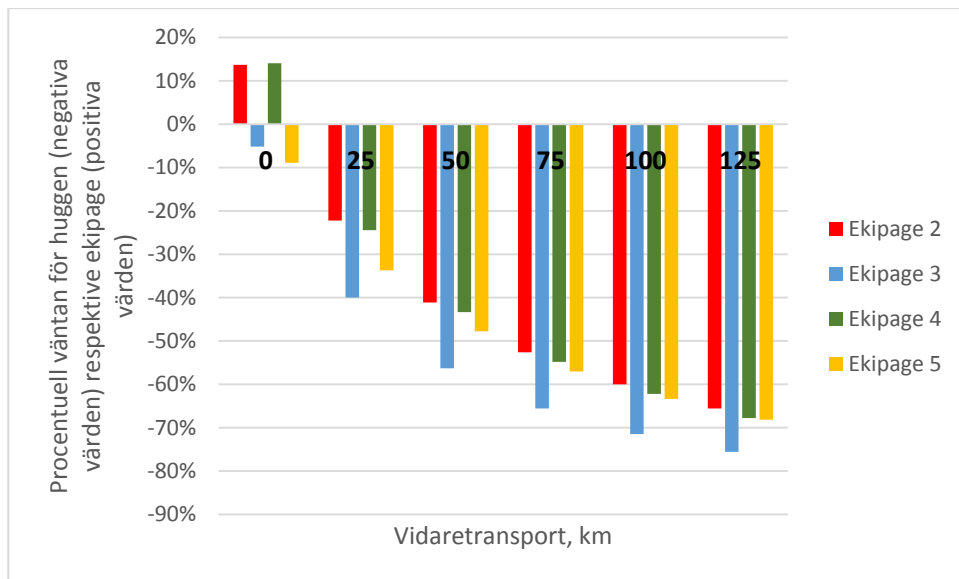
Vidare kommer resultatet handla om prestationer och kostnader efter en förhoppningsvis god inblick i dess rörelsemönster och moment. Resultatet skiljs åt vad gäller den verkliga prestation plockad direkt ifrån tidsstudien följt av simulerade kalkylmodeller.

Största orsaken till skillnaderna mellan verkligheten och den teoretiska modellen är främst att det sällan går helt synkroniserat och enligt planerna.

I studien har stor vikt lagts vid väntetider då det egentligen är det logistik handlar om, just att få kedjan att flöda. Det visade sig att långa väntetider uppstod för huggen. Självklart var det genomsnittliga transportavståndet en bidragande orsak till detta, i snitt transporterades flisen 75 kilometer enkel väg från avlägg till industri. Majoriteten av vändorna kördes ännu längre än medeltransportavståndet. Tidsstudien innehöll elva transportvändor och av dessa kördes tre stycken 25 kilometer enkel väg.

Även om transportavståndet var en stor bidragande faktor var det ingen nyhet, tidstjuven var egentligen de långa industritiderna.

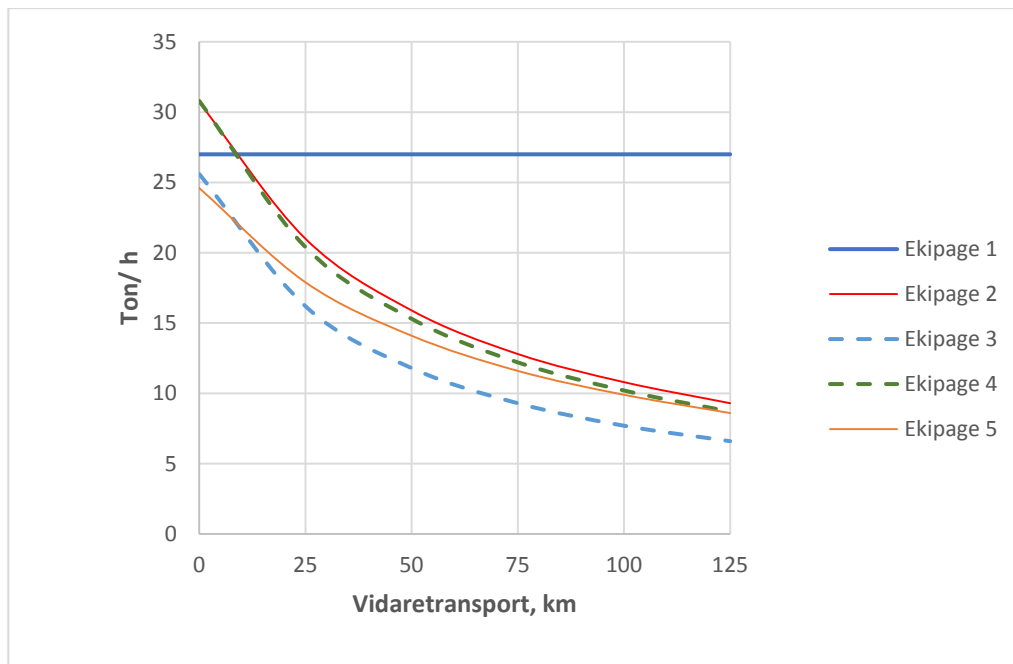




**Figur 4.2.1** Diagrammet visar väntetider vid olika ekipage där positiva värden visar transportekipagens andel väntan medan de negativa värdena demonstrerar när ekipage 1 får vänta på de olika ekipagen.

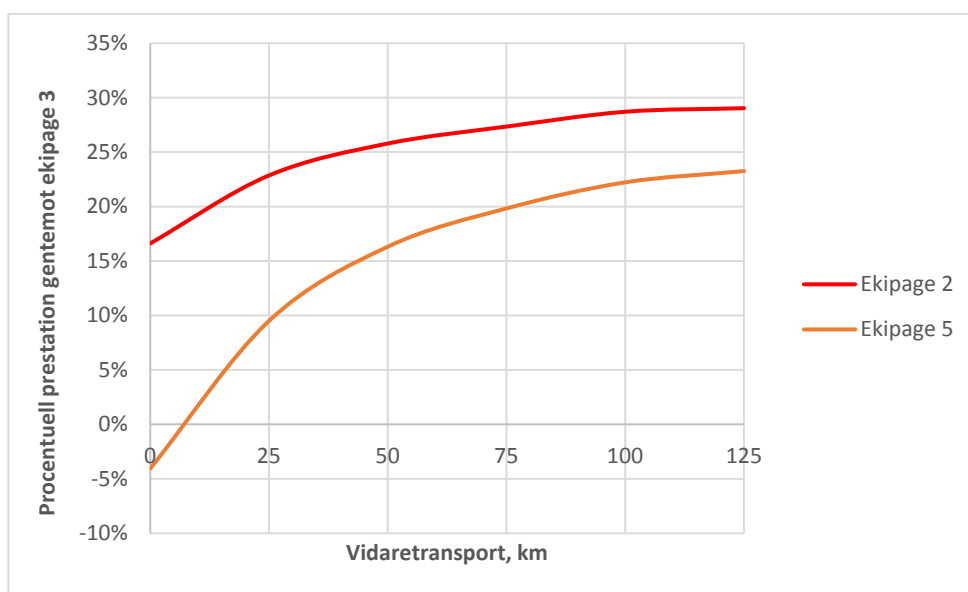
Figur 4.2.1 indikerar att i majoriteten av fallen får ekipage 1 vänta och ofta längre stunder. Endast i två fall är det transportekipagen som får vänta och det då transportavståndet inte påverkar tidfördelningen för transportekipagen nämnvärt. Ekipage 2 samt 4 är de transportekipage som åstadkommer minst väntan. Ekipage 5 däremot skapar långa väntetider för ekipage 1 redan vid korta transportavstånd på grund av sin långsamma lossningstid. Även ekipage 3 skapar snabbt väntetider då dess lastkapacitet är betydligt mindre än för de andra tre transportekipagen.

Tidsstudien ledde till en hel del datainsamling som varit helt avgörande för resten av studien. Med dess hjälp kan flera varianter av simuleringar åstadkommas. Detta har förstås utnyttjats då det ibland kan vara nödvändigt med jämförelser för att få perspektiv i sakfrågan. Bland annat har optimerade modeller konstruerats.



**Figur 4.2.2** Systemets prestationer beroende på olika transportekipage.

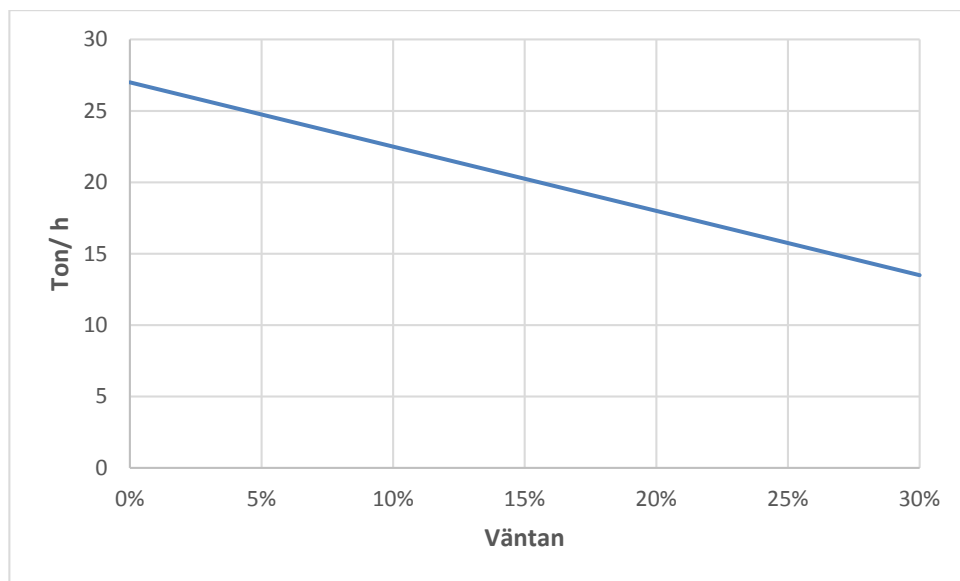
Figur 4.2.2 illustrerar systemets prestation vid olika transportavstånd. Den blå heldragna linjen visar huggens möjliga prestation förutsatt att arbetsmomenten är fördelade som i studien undantaget väntetider, se figur 4.1.6. Övriga linjer visar systemets prestation beroende på vilket av transportekipagen som kör samt vid vilket avstånd transportekipaget levererar. Prestationen avtar för samtliga transportekipage i och med att transportavståndet ökar. Sidotipparna med sina snabba industribesök lämpar sig bäst vid korta transportavstånd. Konstruktionen med Walking floor har en jämnare prestationskurva i och med en ganska lång industritid men med en hög lastkapacitet. Redan vid transporter på knappt en mil ska marginalen ha ätits ikapp, figur 4.2.2.



**Figur 4.2.3** Ekipage 2- och 5 procentuella ökning gentemot ekipage 3 i förhållande till transportavståndet.

Figur 4.2.3 visar ekipage 2- och 5:s prestation gentemot ekipage 3. Figuren förtydligar det som visas i figur 4.2.2. Samtliga transportekipagens prestationer minskar med ett längre transportavstånd och med lägre prestationer blir inte skillnaderna mellan ekipagen lika markanta. Figur 4.2.3 påpekar därför att den procentuella skillnaden mellan ekipage 3 och ekipage 2- och 5 trots allt växer med längre transportavstånd. Figuren utgår från ekipage 3:s prestation som i figuren avläses som 0 procent och så länge kurvan är stigande så ökar avståndet procentuellt för ekipage 2- och 5 gentemot ekipage 3.

Ekipage 1:s linje i figur 4.2.2 visar endast hur mycket ekipaget presterar om väntan uteblir. Transportekipagens prestation är dock betydligt lägre än så och vid längre transportavstånd uppstår långa väntetider för ekipage 1.



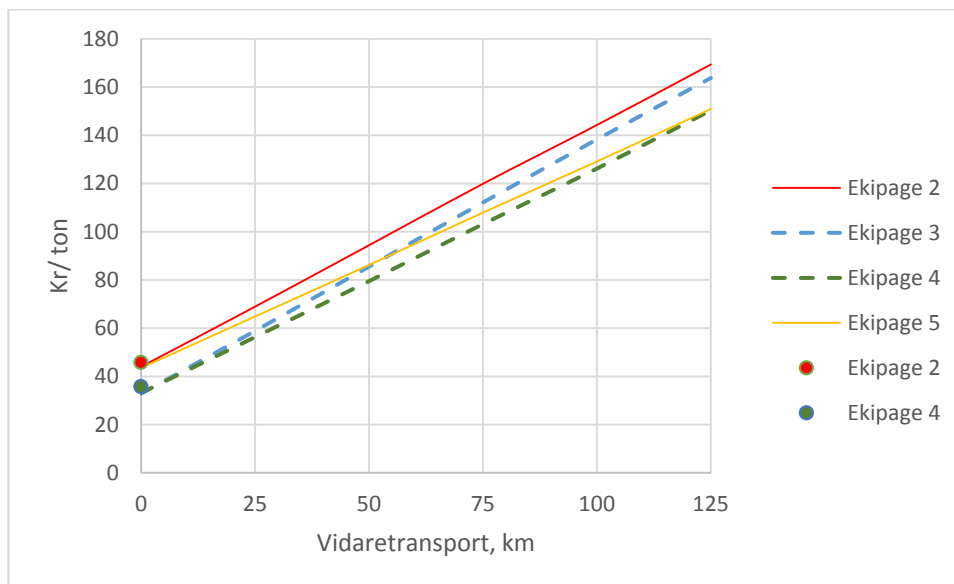
**Figur 4.2.4** Ekipage 1 prestation parallellt med dess väntetider.

Huggens prestation är som bekant 45 ton vid flisning. Detta förutsätter att det alltid finns tillgängligt lastutrymme. Figur 4.2.4 är ett väldigt förenklat diagram baserat på ekipage 1 tidsfördelning från studien. Undantaget är att väntan i tidsstudien ersatts med en framkalkylerad teoretisk väntan. Faktum är att det finns en rad parametrar som styr prestationen men här vill ursprunget från tidsstudien behållas med avseende på tidsfördelningen. Med dessa beskrivna faktorer sjunker ekipagets prestation linjärt med väntan. Ekipagets prestation minskar med 2,25 ton per timme och 5 procents ökad väntan.

### 4.3 Kostnadsberäkning och kalkylering

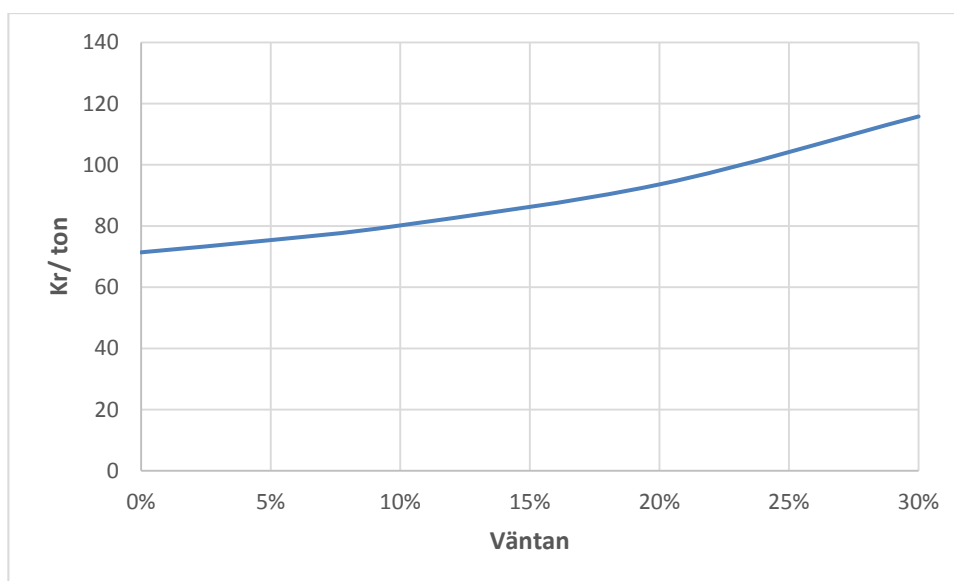
Den kända prestationen kombinerades sedan med kostnader. Då det är många svårt greppbara faktorer i dessa kalkyler får de betraktas som indikativa. Bland annat är det svårt att på förhand veta vilken livslängd samt restvärde några av de ingående maskinerna kan ha. Kostnaderna är hämtade från personligt meddelande Morgan Johansson samt Henrik von Hofsten, sistnämnda hämtad från statistik på tidigare studier utförda av Skogforsk. Förutom källorna har en

del antaganden gjorts och därmed redovisas siffrorna i stort. Kostnadsuppgifterna hittas i tabell 3.5.1 och tabell 3.5.2.



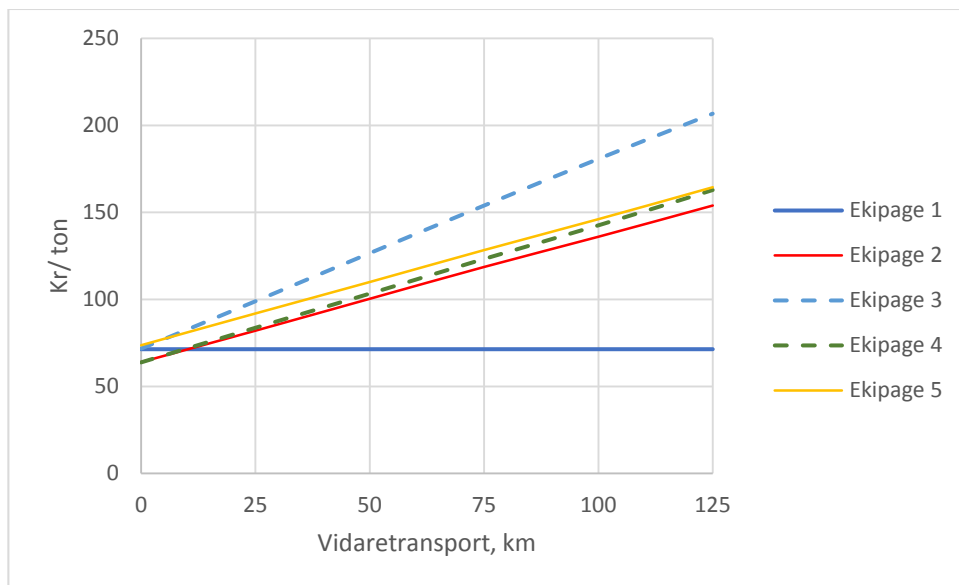
**Figur 4.3.1** Transportekipagens kostnader per ton.

Det som är intressant är inte kostnad per mil eller timme utan det som visas i figur 4.3.1, nämligen kronor per ton. Kostnaden per ton transporterad flis för ekipagen är som lägst vid obefintlig vidaretransport och stiger linjärt med längre transportsträckor. Ekipage 4 har som diagrammet visar lägsta kostnader, oavsett transportavstånd. Motsatsen finns i ekipage 2 som här är det dyraste alternativet trots att den enligt figur 4.2.2 visade på högst prestation av alla transportekipagen i denna studie. Ekipage 2 och ekipage 4 har i figur 4.3.1 även markerats med varsin punkt vid 0 kilometers transportavstånd. Punkterna markerar ekipagens kostnad per ton med hänsyn till väntan på ekipage 1.



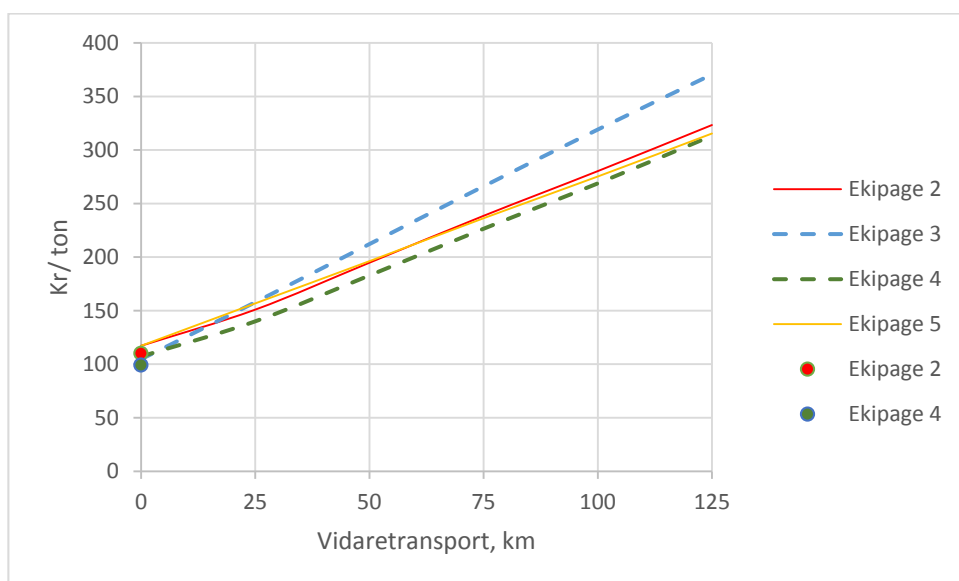
**Figur 4.3.2** Ekipage 1:s kostnader per ton i förhållande till väntan.

Figur 4.3.2 är en jämförelse med figur 4.2.4 men här med kostnad per ton i relation till väntan. Samtidigt som prestationen sjönk linjärt så tangerade kostnaderna att öka succesivt.



**Figur 4.3.3** Kostnader per ton för ekipage 1 beroende på vilket transportekipage som körs.

Ekipage 1 är beroende av att transportekipagen finns tillgängliga för att själv kunna presterar. Den mörkblå linjen visar ekipage 1:s kostnad utifrån det den presterade i studien fråntaget väntan. Kostnaden blir inte lägre än 71,4 kronor per ton med arbetsmomentens tidfördelning från studien utan väntan, vilket genererade 27 ton per timme. De fasta kostnaderna är beroende av en bra prestation om det ska vara lönsamt vilket styrks av figuren.



**Figur 4.3.4** Totalkostnad per ton för ekipage 1 tillsammans med respektive transportekipage.

Figur 4.3.4 beskriver den totala kostnaden per ton för flisning samt vidaretransport från avlägg till industri. Liksom figur 4.3.1 illustrerar punkterna var kostnaderna för ekipage 2- och 4 hamnat om inte väntan uppstått. Vid kortare avstånd rekommenderas sidotippande ekipage och en hög lastkapacitet är inte helt nödvändigt, se ekipage 3- och 4 i figur 4.3.4. Däremot blir lastkapaciteten allt viktigare när transportavståndet ökar. Vid långa transportsträckor är det främst tre alternativ av system som är lönsamma, vilka utöver ekipage 1 är ekipage 2, 4 eller 5. Samtliga kurvor ökar succesivt med transportsträckan vilket indikerar att ekipage 1 får allt längre väntetider.

#### 4.4 Belastning samt slitage på miljö

Den fjärde punkten som ska tas upp i denna studie handlar om miljöperspektivet. Då det kommer till denna fråga läggs stor vikt vid transportarbetet beräknat som dieselförbrukning per tonkilometer.

**Tabell 4.4.1** Beräkningsunderlag för tonkilometermetoden.

	Ekipage 1	Ekipage 2	Ekipage 3	Ekipage 4	Ekipage 5
L/ km:	5,5	5,5	4,5	5,5	5,5
Enkelt transportavstånd, km:	75	75	75	75	75
Lastvikt, ton:	40	48	32	44	48
Bränsleförbrukning, ml/ton-km	27,5	22,9	28,1	25,0	22,9

Tabell 4.4.1 är baserad på att ekipagen har full last. Bränsleförbrukningen (ml/ton-km) är som mest hos ekipage 3 och som lägst för ekipage 2- och 5.

**Tabell 4.4.2** Miljöanalys ekipagen emellan utifrån studiens genomsnittliga traktvolym och transportavstånd.

	Ekipage 1	Ekipage 2	Ekipage 3	Ekipage 4	Ekipage 5
Ekipagevikt, ton:	74	74	60	74	74
Taravikt, ton:	34	26	28	30	26
Lastvikt, ton	40	48	32	44	48
Enkelt transportavstånd, km:	75	75	75	75	75
Traktvolym, ton:	4 000	4 000	4 000	4 000	4 000
Vändor:	100	83	125	91	83
Km, totalt:	15 000	12 500	18 750	13 636	12 500
L/km:	0,55	0,55	0,45	0,55	0,55
Total dieselförbrukning, L:	8 250	6 875	8 438	7 500	6 875
L/ ton:	2,06	1,72	2,11	1,88	1,72
Totalbelastning, ton:	10 800	8 333	11 000	9 455	8 333

Tabell 4.4.2 har beräknats utifrån studiens medeltrakt och transportavstånd. Syftet är att visa resursbehovet (vändor, bränsleförbrukning och belastning) som krävs för att transportera flisen beroende på vilket ekipage som används.

Totalbelastning innebär här den belastning eller tyngd som vägen får motstå för att ekipagen ska transportera hela traktvolymen med vändor tur och retur.

**Tabell 4.4.3** Jämförelse mellan det normalstora ekipage 3 och de större ekipagen.

	<b>Ekipage 3</b>	<b>Differens</b>	<b>Ekipage 1</b>	<b>Ekipage 2</b>	<b>Ekipage 4</b>	<b>Ekipage 5</b>
<b>Vändor:</b>	125	-	20%	33%	27%	33%
<b>L/km:</b>	0,45	+	22%	22%	22%	22%
<b>L/ ton:</b>	2,11	-	2%	19%	11%	19%
<b>Totalbelastning, ton:</b>	11 000	-	2%	24%	14%	24%

Tabell 4.4.3 visar tydligare det som beskrivs i tabell 4.4.2. Tabellen poängterar skillnaderna mellan ekipage 3 och de övriga större ekipagen. Vändorna blir mellan 20- och 33 procent färre med de större ekipagen. Vad gäller bränsleförbrukningen så har de större ekipagen en lägre förbrukning per ton flis trots den drygare bränsleförbrukningen per kilometer gentemot ekipage 3.





## 5. DISKUSSION

Diskussionsdelen kommer främst handla om ekipage 1- och 2 även om de övriga ekipagen kommer användas som jämförelse. Här kommer tabeller och figurer diskuteras.

Flisbilens prestation är grundad på tiden från figur 4.1.2 samt den verkliga hastigheten som kördes i studien, dock har väntetiden kalkylerats fram och fått en betydligt lägre andel än den i tidsstudien. Främst då figur 4.2.1 ska visa ekipagen var för sig istället för så som i studien då de kördes tillsammans, vilket resulterade i att ekipage 2- och 3 ibland fick vänta på varandra vid lastning ute på avlägg. Egentligen har ekipage 2 en väntetid på drygt 14 minuter enligt studien, dels väntan på lastning av ekipage 3 men även lastning av sitt andra släp samt reparationer på huggen. Huggen bör inte repareras oftare för ekipage 2 än för ekipage 3 vilket i det här fallet betyder att tid för reparation av hugg ignorerats i kalkyler och analyser.

Även om studien indikerat på tidstjuvar för ekipage 2 vad gäller arbetsmoment, så är det ändå inte helt enkelt att lösa problemet. I figur 4.1.9 som är en kalkylerad modell utan väntan, syns tydligt att framförallt två moment skiljer sig i tid mellan Walking floor (ekipage 2- och 5) och sidotipp (ekipage 3- och 4), nämligen rangering och lossning. Rangeringstiden vid avlägg är ungefär den samma för samtliga ekipage. På industri får istället ekipagen utrustad med Walking floor åka en extra slinga, eftersom att efter lossning av släpets last koppla loss själva släpet. Det är konstruktionen som gör att detta blir ett nödvändigt moment då skåpets last också matas bakåt.

Genom att komma ifrån Walking floor på dragbilen och istället använda sidotipp skulle man kunna tjäna cirka en kvart per vända. Detta beräknat utifrån den extra förflyttningen på mellan fem och sex minuter adderat med den faktiska tiden det tog att lossa skåpet som här genomsnittligen ligger på tio och en halv minut. En sidotipp klarar enligt tidsstudien detta på en halv till en minut för skåpet. Såklart har det även funderats på om ekipaget enbart hade utrustats med sidotipp. Nackdelen med sidotipp är att ekipaget skulle förlora en del lastkapacitet då mekanismen skulle öka ekipagets totalvikt. Samtidigt är tanken med Walking floor att flisen inte skall sitta fast då golvet rör sig vid lossning. I kallare temperaturer körs därför med fördel Walking floor. Walking floor lossar i snitt knappt 2 ton per minut samtidigt som sidotippen lossar drygt 9 ton per minut enligt tidsstudien.



**Figur 5.1.1** Lossning med Walking floor vid Kvarnsveden, Borlänge. Foto: Kristoffer Spånberg.

Kostnaden per ton hade kunnat bli betydligt billigare med en högre lastfyllnadsgrad. I studien var lastfyllnadsgraden 81 procent av volymen eller 86 procent av lastvikten. Ekipaget i helhet låg ändå på 94 procent av sin totala tillåtna vikt, se tabell 4.1.1. Detta innebär att en hel del last skjutsades fram och tillbaka eftersom det är svårt att tömma skåpen helt med Walking floor. Mina tankar är att det trots allt inte är helt lätt att komma ifrån detta då det skulle ta ännu längre tid om man pedantiskt skulle lossa hela lasten. Möjligt är att taravikten även utgjordes av till exempel snökedjor och diverse tillbehör. Sett till verkligheten är det svårt att komma upp i en optimal lastfyllnadsgrad då vågarna på bil och släp måste vara väl kalibrerade. Överlast kan ge höga böter och i det här projektet med dispens är konsekvenserna ännu högre än för de redan etablerade 60-tons ekipage. Chaufförerna verkar dessutom vilja ha en liten marginal att gå på då de räknar med att exempelvis snö och dylikt kan ha fastnat på bilen och höjt totalvikten vid en eventuell kontroll. Även fukthalten på flisen varierade i studien och avläggens storlek har även den stor inverkan. Om man har små avlägg eller avlägg spridda med långa avstånd är det inte alltid rimligt att åka till nästa för att fylla upp bilen, detta måste helt enkelt övervägas och fallen varierar var för sig.

Hade väntan dessutom reducerats även för flistransporterna hade 74 tonaren kanske till och med haft ett TU nära 100 procent istället för studiens 97 procent. Detta är dock inte rimligt då man antingen måste sätta in fler huggar eller minska antalet transportbilar. Det bästa är istället att försöka reducera huggbilens väntetid på transportbilarna, eftersom huggbilar är betydligt mer kostsamma.

Figur 4.1.6 beskriver ekipage 1:s arbetsmoment utifrån studien. Beroende på trakt och avlägg varierar givetvis ekipagets fördelning av arbetsmoment även om momenten kommer vara de samma. Enda undantaget skulle vara om ekipaget stod parkerad vid industri och endast sysslade med flisning. Ett sådant här ekipage gör sig dock bäst på ett avlägg ute i skogen, sett till råvarupriset är den

billigare ju mer den producerar. För att höja ekipage 1:s produktivitet skulle man kunna tillämpa flisdukar ute vid avläggen. Denna metod utövades på Vedtorget i denna studie, logiskt sett höjdes ekipagets produktivitet i och med att den kunde flisa obehindrat från väntetider. Som nämndes inledningsvis i rapporten är även lägesbyten i allra högsta grad aktuell, framförallt i Mälardalen där många kunder och producenter är belägna. Skulle detta fungera på intern och helst även extern nivå så skulle transportavstånden kunna sänkas med 10-15 procent. Sist tänker jag hänvisa till figur 4.2.2 och diskutera väldigt förenklade alternativ av kombinationer av ekipagen. I figur 4.2.2 ser man dels transportekipagens prestation men även hur mycket ekipage 1 skulle kunna prestera vid optimala förhållanden. Istället är ekipage 1:s prestation indirekt den samma som för transportekipagen. Med andra ord kommer inga påståenden och kalkyleringar av bland annat väntetider att genomföras, detta blir helt och hållet addition för vad ekipagen presterar enligt figur 4.2.2. Varför jag valt att inte beräkna väntetiderna är för att de är väldigt svåra att förutspå. Cyklerna är inte exakta och ekipagen kommer mötas vid olika ställen, vänta på varandra olika länge med mera. Det är främst vid längre transportavstånd som ekipage 1 får vänta på transportekipagen. Vid 0 kilometers transportavstånd klarar samtliga transportekipage att vara dugligt tillgängliga. Vid 25 kilometers transportavstånd håller ekipage 2 en hyggligt jämn prestation med ekipage 1. Från 50 kilometer och ännu längre transportavstånd är det däremot läge att överväga om man ska köra med två transportekipage eller fler, detta endast ur synvinkel för ekipage 1:s prestation. Vid 50 kilometers transportavstånd skulle en kombination med ekipage 3 vara tillämpbara, till exempel i samspel med ekipage 2, 4 eller 5 där sistnämnda kombination är det alternativet som ligger närmast ekipage 1 i prestation. Då transportavståndet når 75 kilometer kan med fördel ekipage 2 samköras med ekipage 5 alternativt ekipage 4. Fördelen här med ekipage 5 hade varit att de har samma konstruktion och att de då kan byta det överblivna släpet mellan varandra. Transportavstånd över 100 kilometer skulle med transportekipagens prestationer innebära att tre ekipage kan bli användbart. Ekipage 2, 4- och 5 har i princip samma prestation vid detta avstånd, de presterar 10-11 ton per timme. Ekipage 3 presterar istället cirka 8 ton per timme. Eventuellt skulle man kunna köra två stycken ekipage 3 ihop med ekipage 2, 4 eller 5. Slutligen tänkte jag dela mina tankar kring vilka ekipage som är aktuella vid 125 kilometers transportavstånd, som i övrigt är ganska extremt inom flistransporter. Om ändå transporterna skulle uppgå till detta transportavstånd i genomsnitt så skulle samtliga kombinationer vara aktuella såvida det är åtminstone 3 transportekipage i rullning. Det skulle även fungera att köra med 3 uppsättningar av ett av ekipagen, till exempel tre stycken uppsättningar av ekipage 4. Teoretiskt sett är det bara ekipage 3 som inte skulle vara tillgänglig till 100 procent för ekipage 1 om en uppsättning om tre stycken likadana ekipage kördes. Dessa kombinationer skulle i viss mån kunna bortses om man köpte ytterligare uppsättningar släp till ekipage 2. Det innebär då i så fall att man tillgodoser ekipage 1:s behov och i och med detta kan se till att denna presterar. En aspekt är att transportekipaget, i det här fallet ekipage 2, inte skulle få någon höjd prestation. Det blir även problematiskt då ekipage 1 och ekipage 2 tillsammans bara kan dra varsitt släp vid flytt, vilket alltså innebär två släp som är

aktuellt för ekipage 2 i dagsläget. Analysen innehåller inte några kostnader vilket är det som i slutänden avgör vilka kombinationer som är mest aktuella för vilka uppdrag åkaren har. I ett varierande transportavstånd vid leveranser bör man åtminstone försöka hitta ett ungefärligt genomsnittligt transportavstånd innan man köper flisekipage. Det är till exempel inte lönt att investera i fler ekipage för olika transportavstånd som mina analyseringar indikerade.

Om fokus vigs till ekipage 2 som idag körs med dubbla uppsättning släp, så kan man kalkylera på en del olika varianter och modifikationer. I figur 4.2.1 får ekipage 2 vänta cirka 14 procent av sin tid per vända vid ett obefintligt transportavstånd, på att ekipage 1 förbereder inför flisning och/eller i fallet för ekipage 2 lastar ekipagets andra släp. Vid 125 kilometer får istället ekipage 1 vänta på ekipage 2 i 66 procent av sin tidsåtgång. Som vi vet enligt figur 4.2.2 spenderar ekipage 2 i medeltid 117 minuter eller knappt två timmar av sin vända utöver transporten. På 117 minuter hinner ekipage 1 flisa cirka 44 ton ( $1,95h \cdot 22.5t/h$ ). Ekipage 2 presterar motsvarande 48 ton på samma tid då det är lasten rymmer. Av dessa 48 ton återfinns 31 ton i släpet.

Ekipage 2 är främst ämnat för längre vidaretransporter där det gör störst skillnad gentemot de idag vanliga 60-tonnarna. Även om marginalerna minskar med ökat transportavstånd visar figur 4.2.3 att den procentuella marginalen fortfarande stiger, visserligen något avtagande.

Väntan för ekipage 1 bidrar med en linjärt nedåtgående prestation (figur 4.2.4) medan kostnaden succesivt ökar med längre väntetider, se figur 4.3.2. Då ekipage 1 med sin utrustning är väldigt dyr i inköpspris krävs det att den används. Förutom dragbilen kostar huggaggregatet med hytt och kranstyrning en väsentlig del av summan. Min uppfattning är att detta ekipage ändå är nödvändigt, särskilt påtagligt blir det om transportekipagen skjutsar råvaran långa sträckor. Från ingen väntan till 30 procents väntan har prestationen halverats samtidigt som kostnaden per ton nästan dubblats. Från cirka 70 kronor per ton vid en prestation på 27 ton per timme till nästan 120 kronor per ton när ekipaget bara producerar hälften så mycket.

Rasterna behöver det inte spekuleras så mycket om då de nyttjades på ett effektivt sätt medan ekipaget lastades.

Tonkilometermetoden i det här avseendet är som nämndes inledningsvis något som mäter ekipagens verkningsgrad. Det är ekipage 2- och 5 som har den lägsta bränsleförbrukningen per tonkilometer medan ekipage 3 har den högsta. 22,9 respektive 28,1 milliliter per tonkilometer. Detta bestäms i allra högsta grad av deras lastkapacitet där de två förstnämndas kapacitet är 48 ton medan ekipage 3 har en kapacitet på 30 ton, se tabell 4.4.1.

Walking floor har med sin låga taravikt en stor förtjänst ur miljöperspektiv. Som visades i tabell 4.4.2 så vinner ekipage 2 flera vändor gentemot de andra ekipagen vid större volymer. Mer exakt behövs det 33 procent färre vändor med

ekipage 2 och 27 procent färre vändor med ekipage 4 gentemot ekipage 3. Färre vändor eller transporter betyder mindre trafikering av lastfordon. Med färre lastfordon i trafiken bör eventuellt farligt beteende från medtrafikanter minimeras. Med andra ord färre omkörningar och andra impulsbeteenden. Resultatet indikerar även att belastning och slitage på vägar minskas. Förvisso väger ekipage 2 lite mer i taravikt men detta fördelas på fler axlar än hos exempelvis ekipage 3. Bränsleförbrukningen är för de tyngre bilarna cirka 5,5 liter milen vilket är 1 liter mer än vad ekipage 3 drar per mil. Men ser man till liter per ton är det i stort sett omvänd ordning som gäller. Lägsta förbrukningen i detta avseende har ekipage 2 och 5 på 1,72 liter per ton, följt av ekipage 4 och drygast ekipage 3.



## 6. SAMMANFATTNING

Biobränsle är ett relativt nytt sortiment från skogen. Biobränslet har främst omhändertagits med befintlig teknik från rundvirkeshantering. För att göra biobränslehanteringen mer lönsam krävs därför ny teknik ämnad för just biobränsle. Medelkostnaden anges i dagsläget kosta 31 kronor per m<sup>3</sup>s för vidaretransport respektive 47 kronor per m<sup>3</sup>s för sönderdelning.

Därav har Aj Logistics AB och två av dess maskiner studerats. Närmare bestämt två ekipage som vardera har en totalvikt på 74 ton och körs därmed med undantag gällande trafikreglerna. Det ena ekipaget kan kallas en huggbil då den sönderdelar (Ekipage 1), det andra ekipaget benämns som en flisbil och hanterar vidaretransporterna (Ekipage 2). Systemet kan med fördel växla släp med varandra vilket gör att tillgängligheten till ekipage 1 ökar. För att studera detta systems effektivitet och produktivitet har en tidsstudie genomförts. Där har moment och tidsåtgångar klockats för att bland annat utreda problem.

Resultatet visade att lossning var ett mycket tidskrävande moment för ekipage 2. Utmatningen skedde med Walking floor och tiden uppgick till över 20 minuter. Den totala industitiden var i medelvärde nästan 50 minuter vilket är nästan dubbelt så lång tid som för ekipage 3 som bestod av ett sidtippande lossningssystem.

Ekipage 2 har som tidigare nämnts högst tillgänglighet till ekipage 1. Det medför att även väntan minimeras hos ekipage 1. Detta är en väldigt viktig parameter då ekipage 1:s prestation minskar linjärt med väntan. Följderna av ekipage 2 innebär att prestationen är som högst samtidigt som sönderdelningskostnaden är lägst för ekipage 1 med detta system.

När däremot den totala kostnaden av systemen studeras så visar det sig att systemet då ekipage 2 ingick de system som hade bland de lägre totalkostnaderna. Nämnas kan att ekipage 2:s extra släp blir något överflödigt vid längre transportavstånd då det snarare kostar mer än vad det höjer ekipage 1:s prestation.

Även ur miljösynpunkt stack ekipage 2 ut. Ekipaget hade den lägsta bränsleförbrukningen sett till tonkilometermetoden. Den stod för färre antal vändor vid leverans och vilket i sin tur ger mindre slitage och belastning på miljö och vägar.

Walking floor innebar för- och nackdelar, bland annat bidrog mekanismen med en hög lastkapacitet men lång lossningstid.

För att biobränslehantering ska bli lönsamt måste det återigen bli ett uppsving på efterfrågan. Situationen i nuläget är att värmeverken hellre köper billiga hushållsavfall samtidigt och fossila bränslen.





## 7. REFERENSLISTA

### 7.1 Publikationer

Egnell, G (2009) *Skogsskötselserien- Skogsbränsle*. Jönköping: Skogsstyrelsens förlag.

Palmér, C & Iwarsson Wide, M (2015) *Skogens energi- en källa till hållbar framtid*, sammanfattande rapport från effektivare skogsbränslesystem 2011-2015. Rapport från Skogforsk.

Björheden, R (2011-2012) & Iwarsson Wide, M (2012-2015) *effektivare skogsbränslesystem- den andra programperioden*.

Enström, J (2015) *skogsbränslelogistik- effektiva transporter*.

Jönsson m.fl. (2015) *Lägesbyten kan effektivisera flistransporterna*.

Eliasson, L (2015a) *Bränsleproduktion- Resurseffektiv sönderdelning*.

Eliasson, L (2015b) *Sönderdelning på avlägg*.

Von Hofsten, H. (2015) *Större hugg- och flisbilar kan ge effektivare logistik*. Skogforsk webbartikel Nr 97-2015.

Lumsden, K (2012) *Logistikens grunder- 3:e upplagan*. Lund: Studentlitteratur.  
Marklund, L-G. (1988) Biomassafunktioner för Tall, gran och björk i Sverige. SLU. Inst. f. Skogstaxering. Rapport 45.

### 7.2 Elektroniska publikationer

Länk A:

<http://www.energimyndigheten.se/globalassets/statistik/energibalans/figurer/databars2014-sv.pdf>

Länk B:

<http://www.bioenergiportalen.se/?p=6862&m=1775&page=ekonomi>

Länk C:

<http://www.bioenergiportalen.se/?p=6851>

Länk D:

<http://www.kvarnmon.net/prislista-biobransle>

Länk E:

<http://www.skogsstyrelsen.se/Myndigheten/Statistik/Amnesomraden/Priser/Priser/>

Länk F:

<http://www.skogforsk.se/om-skogforsk/>

## 8. BILAGOR

Bilaga 1	Excel ark, tidsstudiekalkyl	Sida 47
Bilaga 2	Exempel, tidsstudiekalkyl	Sida 49
Bilaga 3	Excel ark, summering av flisbil	Sida 51
Bilaga 4	Traktkarta	Sida 53







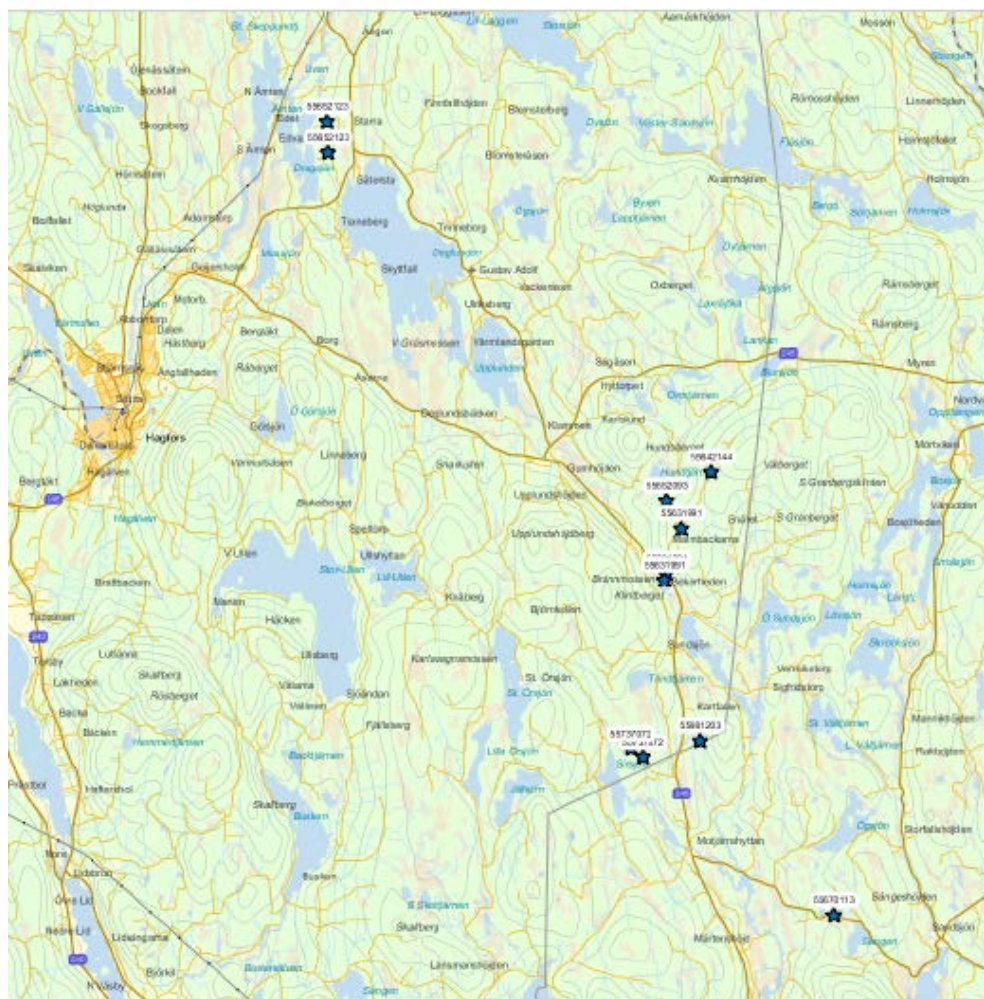
2015-03-09 16:09	00:25:11 Service.	Påfyllning ol2.	00:25:11 Service.	
2015-03-09 16:29	00:20:20 Lastning, skåp.		00:20:20 Lastning, skåp.	
2015-03-09 16:38	00:09:14 Rast.	Städning av huggaggre	00:09:14 Rast.	
2015-03-09 16:39	00:00:50 Rangering, avl.		00:04:03 Rangering, avl.	
2015-03-09 16:43	00:03:13 Rangering, avl.	Påkoppling, släp.		
2015-03-09 18:02	01:19:53 Vidaretransport.	Full.	01:19:53 Vidaretransport.	
2015-03-09 18:04	00:01:12 Rangering, ind.		00:10:50 Rangering, ind.	
2015-03-09 18:11	00:07:06 Invägning.		00:07:06 Invägning.	
2015-03-09 18:13	00:02:06 Rangering, ind.			
2015-03-09 18:14	00:01:04 Lossning, släp.	Låsning, bakre axel.	00:16:49 Lossning, släp.	
2015-03-09 18:16	00:01:45 Lossning, släp.	Backning.		
2015-03-09 18:30	00:14:00 Lossning, släp.	Utmatning, släp.		
2015-03-09 18:31	00:01:02 Rangering, ind.			
2015-03-09 18:32	00:01:19 Rangering, ind.	Fråkoppling, släp.		
2015-03-09 18:33	00:00:50 Rangering, ind.			
2015-03-09 18:33	00:00:17 Lossning, skåp.	Backning.	00:10:56 Lossning, skåp.	
2015-03-09 18:34	00:00:48 Lossning, skåp.	Öppning, lucka.		
2015-03-09 18:34	00:00:17 Lossning, skåp.	Backning.		
2015-03-09 18:40	00:06:09 Lossning, skåp.	Utmatning, skåp.		
2015-03-09 18:43	00:02:55 Lossning, skåp.	Utmatning, skåp. Terminal.		
2015-03-09 18:44	00:00:30 Lossning, skåp.	Stängning, lucka.		
2015-03-09 18:45	00:01:33 Rangering, ind.			
2015-03-09 18:46	00:00:43 Rangering, ind.	Backning.		
2015-03-09 18:47	00:01:12 Rangering, ind.	Påkoppling, släp.		
2015-03-09 18:50	00:02:26 Rangering, ind.			
2015-03-09 18:51	00:01:32 Utvågning.		00:01:32 Utvågning.	03:05:54





Summa av Tidsåtgång		Kolumnetiketter														Totalsumma
Radetiketter	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	
Invägning 1, delat lass.	00:10:05					00:05:17	00:04:18									00:19:40
Invägning 2, delat lass.						00:01:43	00:00:59									00:02:42
Invägning.		00:07:06	00:06:07	00:03:44	00:05:07			00:06:19	00:03:22	00:07:07	00:11:14	00:09:39	00:04:51		00:09:32	01:14:08
Rangering, ind.	00:18:24	00:12:23	00:12:09	00:13:10	00:13:37	00:17:39	00:17:57	00:07:33	00:12:31	00:16:38	00:14:10	00:14:42	00:14:18		00:12:31	03:17:42
Lossning, skåp.	00:10:34	00:10:56	00:10:04	00:10:11	00:10:11	00:11:34	00:09:56	00:09:53	00:14:17	00:10:47	00:09:54	00:10:01	00:08:55		00:09:16	02:26:29
Lossning, släp.	00:16:15	00:16:49	00:13:29	00:14:08	00:14:49	00:18:46	00:14:34	00:12:55	00:14:31	00:19:08	00:16:24	00:13:55	00:18:38		00:14:58	03:39:19
Utvägning 1, delat lass.	00:00:50					00:00:23	00:00:23									00:01:36
Utvägning 2, delat lass.	00:00:35					00:00:23	00:00:44									00:01:42
Utvägning.	00:01:32	00:00:33	00:00:22	00:00:21				00:01:36	00:05:32	00:07:38		00:07:11	00:05:03	00:05:55	00:06:35	00:42:18
Vidaretransport.	02:39:24	01:19:53	00:45:19	00:45:00	00:23:19	03:04:23		02:32:49	01:10:50	02:55:39	01:36:28	02:25:43	02:41:22			22:20:09
Rast.		00:09:14				00:31:16						00:31:13				01:11:43
Reparation.			00:35:57	00:07:28						01:34:36			00:05:11			02:23:12
Service.	00:08:04	00:25:11										00:02:02	00:03:09			00:38:26
Tankning.	00:15:16								00:05:47			00:05:27	00:19:07			00:45:37
Övrigt.			00:16:11	00:24:00	00:26:22											01:06:33
Väntan.	00:05:13		00:06:27	00:06:06	00:08:48	00:08:39			01:28:58	00:13:53	00:12:17	00:06:44				02:37:05
Rangering, avl.	00:10:32	00:04:03	00:09:31	00:05:19	00:00:39	00:06:52		00:03:25		00:10:50	00:13:06	00:13:01	00:13:19			01:30:37
Lastning, skåp.		00:20:20	00:21:05	00:13:29	00:21:18					00:37:13	00:20:21	00:21:13	00:25:00			02:59:59
Lastning, släp.			00:32:36	00:27:27	00:04:03											01:04:06
Totalsumma	04:15:12	03:07:27	03:29:28	02:50:24	02:08:34	04:46:55	00:48:51	03:14:30	02:06:50	07:48:34	03:20:57	04:40:57	04:45:37	00:05:55	00:52:52	00:23:03





Skala 1:150000